MUSKELZUGBRÜCHE AN DER WIRBELSÄULE

LUDWIG MAIER

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546014_0027

Aus der Röntgenabteilung(Vorsteher Prof.Dr. M. Pöschl)

der Chirurgischen Klinik der Universität

M ü n c h e n

(Direktor: Professor Dr. med. Dr. h.c.R.Zenker)

" Muskelzugbrüche an der Wirbelsäule "

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfasst und

einer Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von

Ludwig M a i e r

aus München

München 1972

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Pöschl

Mitberichterstatter: Prof. Zenker

Dekan: Prof. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 10. 10. 1972.

UNIV. LEIDEN BIBL.

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I. Frakturen ohne Trauma

1. Einteilung der Knochenbrüche 1

2. Ätiologie der Ermüdungsfraktur 2

3. Pathogenese 3
Physikalische Grundlagen der Materialermüdung

4. Pathologische Anatomie 8

5. Klinisches Bild 8

II. Dornfortsatzfrakturen 9

1. Vom Wesen der Schipperfraktur und ihre Abgrenzung zur reinen Muskelzugfraktur 9

2. Die Schipperfrakturen werden ebenfalls durch Muskelzug bedingt 13

3. Muskelphysiologische Grundlagen der Muskelzugfrakturen 17

4. Bruchmechanismus
(Erinnerung an die anatomischen Verhältnisse) 25

5. Die physikalischen Vorgänge bei der Frakturentstehung 28

6. Die Meinung verschiedener Autoren zur Art der Frakturentstehung 30

7. Zusammenfassung der Ursachen der Abrißfraktur 44

8. Typische Fälle aus der Literatur 45

a) Dornfortsatzabrisse beim Sport

b) Dornfortsatzabrisse bei der Arbeit

Seite

III. Querfortsatzbrüche 55

1. Traumatische Frakturen der Querfortsätze

2. Nachweis der muskulären Genese der Querfortsatzbrüche 56

3. Anatomische Verhältnisse und Bruchmechanismus 58

4. Symptome der Querfortsatzfrakturen 60

5. Komplikation 61

6. Entwicklungsgeschichtliche Ursache von Fehldiagnosen im Röntgenbefund 61

7. Typische Unfallereignisse, die zu Querfortsatzfrakturen führten 63

IV. Frakturen der Wirbelkörper

1. Wirbelkompressionsfraktur bei Tetanus 66

2. Wirbelkörperkompressionsfraktur durch Muskelzug 67

3. Bruchmechanismus 68

4. Fälle aus der Chirurgischen Universitätsklinik München 71

V. Diskussion

VI. Zusammenfassung

Im täglichen Leben wird unser Knochensystem Belastungen ausgesetzt, die es in ganz verschiedener Art beanspruchen. Durch die Einwirkung äußerer Kräfte kommt es zu Spannungen im Knocheninneren, die je nach der Richtung der einwirkenden Kraft als Druck-, oder Zug-, als Scher- oder Torsionsspannungen anzusprechen sind. Unter physiologischen Bedingungen genügt aber die dem Knochen innewohnende Elastizität und Festigkeit, diese auftretenden Belastungen ohne Schaden auszuhalten. Die lebende Substanz der Knochen schwankt stark in ihrer Festigkeit. So ist z. B. die sogenannte Grünholzfraktur eine typisch kindliche Frakturform. Unter besonderen Verhältnissen, bei Einwirkungen auf den Knochen, die seine Elastizitätsgrenze überschreiten, kommt es zur Kontinuitätstrennung, zum Knochenbruch. Je nach der Art und den Angriffspunkten, der einwirkenden Gewalt resultieren ganz verschiedene Bruchlinien.

W a g n e r spricht von Biegungs-, Kompressions-, von Schub-, Torsions- und Rißfrakturen. Ist die Kontinuität des Knochens völlig unterbrochen, ergibt sich eine Verschiebung der Bruchenden gegeneinander, die durch äußere Kräfte und durch die Schwerkraft, zu einem großen Teil, aber auch durch willkürliche und unwillkürliche Muskelkontraktionen verursacht werden.

Das Trauma, die Gewalt von außen ist nicht immer der einzige Faktor, der zu einer Unterbrechung der Knochenkontinuität führt. Auch eine relativ größere Anstrengung, eine Ermüdung beim Laufen, beim Gehen, bei Lastentragen, oder bei sportli-

cher Betätigung ohne irgendeine Verletzung kann ebenfalls zum Bruche führen. Diese Brüche werden Stressfraktures, Fatiguefraktures, Schipperfrakturen oder Marschfrakturen genannt. Sie wurden zuerst bei Erdarbeitern, Soldaten, darnach bei Sportlern, bei Ballettänzern u. ä. beschrieben. Jedoch kann man ihnen bei Personen verschiedenster Berufe begegnen. Diese Frakturen werden selten unmittelbar nach Entstehung der Knochenschädigung entdeckt. Die Ursache ist im Fehlen einer schweren, ausdrücklichen Verletzung bei anfänglich geringen Schmerzen zu suchen. Die relativ späte Entdeckung solcher Brüche ist eines ihrer Charakteristika.

2. Ätiologie

Ein mechanischer Faktor, die Überbelastung, ist die Vorbedingung für die Entstehung eines derartigen Bruches. Zu dieser Überbelastung kommt es nach wiederholten, intensiven und andauernden Anstrengungen, bei nicht vorbereiteten, nicht daran gewöhnten, oder einer derartigen Belastung nicht gewachsenen Personen. Diese Schäden sind bei Leichtathleten und Fußballspielern, bei Rekruten nach langen Märschen, insbesondere bei Frühjahrs - und Herbstübungen auf harten Böden, so dann bei Schlittschuhläufern und Ballettänzern zu sehen. K e n i g

Ausnahmsweise sind solche Frakturen auch bei älteren Personen mit Osteoporose, oder anderen degenerativen Knochenschädigungen zu finden. Jedoch seien Frakturen am vorgeschädigten Knochen in der vorliegenden Arbeit ausgeklammert.

3. Pathogenese

Diese Bruchart ist das Resultat eines kummulativen Effektes, häufiger und sich hinreichend, lange wiederholender, kleiner Erschütterungen bzw. Belastungen (Mikrotraumatismus). Diese traumatischen Insulte sind jeder für sich zu klein und zu schwach, um irgend eine Störung hervorzurufen. K ü n t s c h e r spricht von einer Zerstörung der Kohäsionskraft im Knochen.

Die Mehrzahl der Autoren vergleicht diesen Bruch mit dem bekannten Bersten von Metallgefügen, das als Resultat ihrer Ermüdung entsteht. In der Technologie hat man sich diese Auffassung zu eigen gemacht, daß es dazu in Folge von "Materialermüdung" kommt. Daher wird diese Fraktur auch Ermüdungsbruch genannt. Es wird der Standpunkt vertreten, daß der wiederholte Mikrotraumatismus zur Störung der lokalen Zirkulation mit sekundärer Rarifikation der Knochen führt, dadurch, daß die in ihm verlaufenden Saft- und Gefäßbahnnetze durch die Zerrüttungszonen geschädigt und unterbrochen werden. Es wurde bemerkt, daß die Bruchlinien sich häufig auf der Seite der Muskelinsertionen befinden und auch ein mechanischer Faktor übermäßiger Muskeltensionen muß in Betracht gezogen werden. Auf dieses spezielle Problem des Muskelzuges soll später noch weiter eingegangen werden.

Die experimentellen Untersuchungen H a a s e s (zit. bei W a g n e r) an Metall, Holz und Knochen ergaben das Auftreten von Veränderungen im Zustand und Aufbau des Feinstruktur des zu untersuchenden Stoffes, die rein nach mechanischen Gesetzen vor

sich gehen und außer zu Kontinuitätstrennungen, auch zu Zerrüttungszonen im Verlauf der Zugebenen führen. Im leblosen Material sind diese Ergebnisse den Festigkeitstechnikern bekannt.

Die äußere Betriebslast, die wesentlich geringer als die statisch ermittelte Bruchlast ist, wirkt dauernd wechselnd auf die Werkstoffe und führt nach oft jahrelangem Betrieb plötzlich zum Bruch, T h u m. Die Stellen von Oberflächenverletzungen oder schroffen Querschnittsübergängen üben auf den Kraftlinienverlauf im Material einen unheilvollen Einfluß aus und lassen hier den Dauerbruch entstehen, da sich an den Kerbstellen Spannungsspitzen ausbilden. Der Dauerbruch entwickelt sich an der Kerbe als feiner Riß, der unter weiterer Beanspruchung zur fortschreitenden Lockerung des Gefüges führt und schließlich zu einer so starken Herabsetzung der Festigkeit Anlaß gibt, daß unter dem Einfluß der normalen Beanspruchung der Restquerschnitt zerbricht, d. h. der Restbruch eintritt.

Nach W a g n e r ist der Dauer - Wechselbeanspruchung für das Entstehen der Brüche durch mittelbare Belastung im menschlichen Körper eine große Bedeutung beizumessen. Nach der Mitteilung M a t t h e s ist für das Auftreten von Dornfortsatzbrüchen bei Erdarbeitern (näheres bei der Besprechung der Schipperfraktur) der 20. bis 45. Arbeitstag die kritische Zeit. Nach M e i s e z a h l treten Marschfrakturen an den Mittelfußknochen und den übrigen typischen Stellen nach einer bestimmten Schrittzahl und durchschnittlich nach einer zurück-

gelegten Strecke von etwa 20 Kilometern auf; beim 100 Meter Schnellauf liegt die Gefahrenzone für das Auftreten von Ermüdungsbrüchen ungefähr bei 50 bis 60 Metern.

K ü n t s c h e r ist diesen Fragen nachgegangen und hat in experimentellen Untersuchungen das Knochengewebe durch eine Elektromotor mit Exzenterbetrieb Dauer-Wechselbelastungen von 70 bis 100 kp ausgesetzt und konnte dadurch nach 45.000 maliger Belastung den Oberschenkelknochen in derselben Weise brechen sehen, wie es beim Überlastungsbruch auftritt.

Es ist also die rhythmisch erfolgende, häufig, wiederholte Beanspruchung des Materiales, die zu Zerrüttungszonen und schließlich zum Dauerbruch führt. Aber nicht nur die Zahl, auch die Größe der einzelnen Beanspruchungsintensität ist für die Entstehung [illegible] bei Belastungssteigerung der Ermüdungsbruch schon bei einer geringeren Zahl von Beanspruchungen eintritt.

Einen besonders guten Einblick in dieses Geschehen am Knochen gestatten uns die kristallographischen und röntgenspektrographischen Arbeiten H e n s c h e n s.

Beim Studium über den submikroskopischen Feinaufbau des Knochengewebes kam er zu dem Ergebnis, daß der anorganische Mineralknochen aus Kristalliten von Kalzium, Magnesium, Fluor und anderen Apatiten besteht, wobei die im unbelasteten Knochen ungerichteten Kristalle sich unter Belastung ausrichten.
(gitterorientierende Dehnung)

ben sich die Kristalle gegeneinander, unter Auftreten soge-

als zuvor.

Wird dem Knochen, aber nicht die notwendige Erholungszeit zur Wiederbefestigung gelockerter Kristallgebiete gelassen, sondern wird er während dieses Umbaues weiter beansprucht, so kommt es unter Materialerschöpfung und wohl auch Materialverschlechterung zu einem langsam sich entwickelnden Dauer- oder Schwingungsbruch. An diesen schließt sich direkt der Schluß- oder Restbruch an und führt zur völligen Kontinuitätstrennung. Außer zu dem regelrechten Knochenbruch kann es auch zu statischen Verunstaltungen und Verbiegungen ohne Knochenbruch infolge Überbelastung kommen.

Es sind nun aber nicht nur physikalisch-chemische Veränderungen der anorganischen Bestandteile, die bei einer mechanischen Schädigung des Knochengewebes auftreten, sondern man erkennt darüber hinaus in dem Vorhandensein verstärkter Resorption und Apposition von Knochenzellen biologische Reaktionen.

keit eines richtig geleiteten, beruflichen und sportlichen Trainings erkennen, das bei Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit des Gewebes, unter Einschaltung notwendiger Erholungspausen und unter Vermeidung einer Einseitigkeit der Tätigkeit zu einer Kräftigung und Leistungssteigerung, im umgekehrten Falle zu einer Gewebsschädigung führt.

Während H a n s c h e n von der anorganischen Seite das Problem anfaßt, betont P a y r mit dem Begriff der "dynamischen [illegible] die Zusammenhänge zwischen dem Bewegungsapparat, [illegible] und den übrigen Organen. Bei der engen Verbundenheit der einzelnen Glieder der Kette untereinander, ruft die Änderung der Beschaffenheit eines Kettengliedes, notwendigerweise eine Schädigung der anderen hervor. P a y r fordert deshalb, nicht in einzelnen Kettengliedern zu denken, sondern [illegible] lastungsschäden eine erhebliche Ausweitung erfährt. Nicht allein am Knochen, sondern auch am Sehnen,- Gelenk- und Bandapparat müssen sich Folgen der Überlastung zeigen und nachweisen lassen.

W o l f f und R o b e r t s e n haben experimentell gezeigt, daß Muskelzuckungen einen Bruch der Knochentrabekel bewirken können und dieser resultiert dann nach wiederholter Belastung in einem linearen Bruch. B u r o w s bemerkt mit Recht, daß sich die Prädilektionsstellen, die kritischen Punkte des Knochens dort befinden, wo das Verhältnis Spongiosa - Kortex am größten zu Gunsten der Spongiosa verschoben ist. (Burowssyn-

drom der Knochenermüdung)

4, Pathologische Anatomie

Es handelt sich bei den Ermüdungsbrüchen um lineare Brüche, die beide Kortices erfassen. Es ist jedoch nicht selten, daß sie nur einen Kortex erfassen, wobei sie linear bis in die Spongiosa und den Knochenkanal vordringen. Häufig sind Lokalisierungen in Bereich der Wirbelsäule, aber auch an den Extremitäten, besonders an den 2. bis 4. Metatarsalknochen, dann im unteren Drittel der Tibia, oder der Fibula und bedeutend seltener am oberen Drittel der Tibia.

5, Klinisches Bild

In der Anamnese ist es charakteristisch, daß ein stärkeres Trauma nicht besteht. Der Kranke klagt über intermittierende Schmerzen über rasche Ermüdung und insbesondere Verschlechterung des Zustandes nach Anstrengungen. Je nach Lokalisation der Schädigung treten die Störungen auf, beim Versuch die Arme über die Horizontale zu heben, zu laufen, Treppen zu steigen und in einer etwas späteren Phase bei jeglicher längerer Bewegung. Die Schmerzstelle ist empfindlich auf Palpation, wobei man auf eine harte und schmerzhafte, spindelartige Verdickung konstatiert. Die Haut über dieser Stelle ist unverändert, manchmal ist die lokale Temperatur erhöht und es können leichte Venektasien gefunden werden. Dieser Befund, insbesondere der letzte, weckt die Aufmerksamkeit des Arztes leicht, und er weist ihn auf den Gedanken hin, daß es sich um einen entzündlichen oder tumorösen Prozeß handelt. Wesentlich ist, daß der klinische und der

röntgenologische Befund in hohem Maße in Abhängigkeit steht von der seit der Entstehung der Knochenläsion und dem Untersuchungszeitpunkt verstrichenen Zeit, sowie auch von der Intensität der Belastung in der Zwischenzeit. Beschränke man sich des weiteren auf die Thematik der Wirbelsäulenfrakturen allein, und beschäftige sich zunächst mit den Abrißfrakturen der Dornfortsätze.

II. Dornfortsatzbrüche

Hier stehen sich zunächst zwei Themenkreise gegenüber:

a) Die Ermüdungsbrüche, resultierend auf einem Dauerschaden

b) Die reinen Muskelzugverletzungen am nicht vorgeschädigten Knochen.

a)

Das klassische Beispiel dieser Dauerbrüche an der Wirbelsäule ist die sogenannte Schipperfraktur, ein nach M a t t h e s von Q u i n k e geprägter Ausdruck. Sie entsteht bei lang andauernden Grabarbeiten, bei denen die Betroffenen über längere Zeit eine gleichartige Tätigkeit ausführen, d. h. eine Tätigkeit mit gleichartigem, sich stets wiederho[illegible]schema und sich stets wiederholender, gleichartig[illegible], für d e die vorher beleuchteten phys[illegible] [illegible] bei [illegible] Schipperfraktur darf [illegible] [illegible] zusammenfallen, sondern darf erst wesentlich später auftreten. M a t t h e s ermittelte als kritische Zeit den 20. bis 45. Arbeitstag. B o f i n [illegible] ermittelte dagegen in seinen Statistiken den 31. bis [illegible]. Tag.

Die Arbeiten von Koepchen und B a u e r ergeben, aufgeteilt in reine Arbeitszeit und reine Ladezeit ähnliche Werte. Das Unfallereignis ist typisch: Es besteht in dem gewaltsamen Hoch.- und Weitschippen von Erdmassen. S t i e b i t z führt in seiner Arbeit aus.

" Bei der Schipperfraktur handelt es sich in erster Linie, um ein Mißverhältnis zwischen der [illegible] der hervorspringenden Knochenpunkte der Dornfortsätze und der chronischen Sehnenüberspannung durch den Muskelzug. Da aber nicht alle an den Sammelstellen beschäftigten Personen einen Dornfortsatzabriß erleiden wird noch nach anderen Erklärungen gesucht."

Während nach M a t t h e s' Beobachtungen dem früheren Beruf, der Grabarbeiter, es handelt sich fast ausschließlich um Notstandsarbeiter, kaum Bedeutung zukommt, betonen Z i m m e r, [illegible] seien besonders diejenigen Leute bevorzugt, die anderen Berufen entstammen. Auch darüber, welche Konstitutionstypen am meisten betroffen werden, gehen die Ansichten auseinander. So glauben K a s p a r und K o e p c h e n an eine ziemlich gleichmäßige Verteilung, während nach H o f f m a n n und M a t t h e s fast durchwegs muskelstarke Menschen diesen Arbeitsunfall erleiden. Mehrere Autoren bezeichnen das rasche Arbeitstempo, ohne genügende Erholungspausen für die überanstrengte Muskulatur als Ursache für den Abriß. Gerade bei trainierten und kräftigen Schippern, so meint M a t t h e s ermüde die Muskulatur schneller und führe dann unkoordinierte

Kontraktionen aus, während V o e c k l e r und Z i m m e r die Ansicht vertreten, - besonders an die schwere oder wenigstens speziell an diese Arbeit nicht gewöhnte Leute verfielen rascher einer Ermüdung, die sie veranlasse ihre Rückenmuskulatur in unzweckmäßiger Weise und unökonimisch zu beanspruchen. In diesem Sinne betont K o e p c h e n, kann man nicht von Inkoordination sprechen. Diese liege nur bei Ausschluß des Bewußtseins und Willens vor, aber dies sei bei diesen Abrißbrüchen nicht der Fall. Die einzelnen Bewegungen würden wohl berechnet und auch richtig angesetzt, nur so kann die geforderte [illegible] nach seiner Meinung meist einmalig und gehen über das übliche Maß hinaus. Sie werden nicht monatelang ausgeübt, was aber bei der Schipperkrankheit notwendig wäre. Bei längerer Verrichtung einer Arbeit gewöhnt sich der Körper so an diese, daß alle dazu nötigen Bewegungen fast automatisch ablaufen, wobei sich alle Kräfte allmählich immer mehr an das gesteckte Ziel anpassen und darauf einspielen. Dieser Umstand schließt jede Koordinationsstörung geradezu aus. Nach M ü l l e r reichen jedoch unsere Untersuchungsmethoden heute nicht aus, um Ermüdungserscheinungen an nicht knöchernen Anteilen des Bewegungsapparates, also vor allem an Muskeln und Sehnen im Frühstadium zu erfassen. Es ist jedoch anzunehmen, daß auch hier Überbeanspruchungsumbauprozesse vorkommen.

[illegible] bei den akuten Muskelzugfrakturen, ein Mißverhältnis zwischen Tragfähigkeit des Knochens ganz plötzlich, vor allem

wird zu erwarten sein, daß sich dies bei der chronischen [illegible] allmählich entwickelt. Sonst müßte ja auch [illegible] der Knochen sofort versagen.

[illegible] B r a e d t [illegible] tionelle Dauerwirkung zu denken. Auch K o e p c h e n äußert sich in ähnlicher Weise. Nach ihm muß schon eine [illegible] Häufigkeit zu erfolgen hat, wobei die Einförmigkeit und Geschwindigkeit der Arbeit nicht ohne Bedeutung bleibt.

Normalerweise legt der Mensch von selbst ausreichende Erholungspausen ein. Ehrgeiz bei Sport und Arbeit, oder äußerer [illegible] gen. Der Schmerz als natürliches Warnsignal einer drohenden, bzw. schon einsetzenden Schädigung wird unterdrückt, oder [illegible] diesem Zusammenhang weist M ü l l e r außerdem auf die Bedeutung des Ausfalles sensibler Nervenqualitäten bei der Tabes hin. Hier wird ganz besonders deutlich, wie außergewöhnliche [illegible] Körperschädigung führen.

[illegible] glaubt, schon allein innerhalb physiologischer Grenzen über die Funktion auf den Knochen eine [illegible]

gende Wirkung aus, ganz besonders dann, wenn sie in ihrer Stärke auch nur ein wenig über das Maß der individuell verschiedenen Einstellung auf eine bestimmte Tätigkeit, z. B. Schwerarbeit hinausgeht. Durch die " Pathologie der Funktion" trete ein Versagen der strukturellen Anpassungsfähigkeit an die funktionelle Inanspruchnahme ein.

P i r k e r mißt der gestörten, dynamischen Korrelation große Bedeutung zu. Normalerweise entspricht die Zugkraft des Muskels der Widerstandsfähigkeit des Knochens, (nach M a t t i 8 - 12 kp / cm^2). Vom Muskel werden aber häufig so erhebliche Leistungen verlangt, daß er sich darauf einstellen muß und unter Umständen mit einer Hypertrophie reagiert. Wenn dabei der Knochen durch öftere Erholungspausen Gelegenheit erhält sich zu erholen und sich in seiner langsameren Reaktionsgeschwindigkeit doch noch den veränderten Kräfteverhältnissen anzupassen, so muß er als die schwächere Stelle unterliegen.

2) Nahezu alle Autoren sind sich darüber einig, daß die meisten der Dornfortsätze, der Wirbelsäule durch brüske Muskelaktionen entstehen. Es sei hier ausschnittweise die klassische Arbeit von "H e n s c h e n" zu diesem Thema zitiert.

" Frakturen durch innere Gewalteinwirkungen im besonderen im Anschluß an eine vehemente, überdosierte Muskelaktion haben gegenüber dem gros der Brüche, die durch äußere Gewalteinwirkungen, wie Druck, Stoß etc, entstehen, von je her als Seltenheiten gegolten.

So ergibt sich nach P. B r u n s aus einer vergleichenden Zusammenstellung mehrerer Statistiken für die sogenannte innere Gewalt (übermäßigen Muskelzug) eine Frequenz von 1/2 % bis 1 % aller Knochenbrüche." In Wirklichkeit dürfte diese Ziffer jedoch nicht unwesentlich, nach H e n s c h e n, zu tief gegriffen sein.

" Hierbei sind natürlich in diese Kategorie nur jene Fälle einzustufen bei welchen nach sorgfältiger Analyse der Verletzungsmechanismen eine jähe forcierte, den regulierenden Intentionen entzogene Muskelaktion, als alleinige Ursache der Fraktur, eines vorher gesunden Knochens angeschuldigt werden muß. Während alle sogenannten spontanen oder pathologischen Knochenbrüche, denen eine primäre Erkrankung der Knochensubstanz, wie Osteopsathyrosis congenita, Osteoporosis senilis, Tabes, Syringo-myelie, Lues, Tuberkulose, Osteomyelitis, Osteomalacie, Rhachitis oder Tumoren vorausgehen, ausscheiden, denn hierbei genügt das alltägliche, gewöhnliche Spiel der Muskeln, ein Zerbrechen des Knochens auf vorbereitetem Terrain zu bewirken, doch sind in manchen Fällen die kurzweg unter den Muskelzugbrüchen subsumiert werden, noch andere wichtige, mechanische Momente, an der Kontinuitätstrennung mitteteiligt und mitschuldig. Genannt sei nur die Schwer.- und Zentrifugalkraft, das Trägheitsmoment usw. Der Einblick in den Ablauf des mechanischen Geschehens wird dadurch zuweilen außerordentlich schwierig. Die Konkurrenz dieser mechanischen Faktoren bedingt es dann, daß durch abnorme Muskelgewalten Kontinuitätstrennungen der Knochen auftreten. Wo unter anderen Verhältnis-

sen - wenn diese Momente nicht mitwirken - bei gleicher oder ähnlicher Aktion der betreffenden Muskeln, Frakturen nicht veranlaßt werden.

Sieht man von den pathologischen Knochenbrüchen vonvorneherein ab, da die Muskelaktion dabei nur die zufällige Veranlassung bildet, so kommen gar nicht selten Frakturen durch Muskelgewalt an gesundem, nicht destruiertem Knochen vor. Es handelt sich dabei meist um gesunde, außerordentlich muskelstarke Personen. In der gesamten Anzahl der bearbeiteten Fälle aus der Literatur fand sich nur einmal die Angabe, der Patient sei von schwächlichem Bau gewesen. Nur ein Fall bei der Muskelzugfraktur bei einer Frau war in der gesamten zugängigen Literatur zu finden. H a m i l t o n und G u r l t erwähnen ebenfalls, daß an ganz gesunden Knochen, gesunder oder so gar sehr kräftiger Individuen durch starke Muskelaktionen, Frakturen entstehen können, welche sich meistens ebenso verhalten, wie die durch äußere Gewalt an der entsprechenden Stelle hervorgerufenen.

H e n s c h e n fährt fort: " Die zum Bruche führende Gewalt wird durch jähe, übermäßig, forcierte Bewegungen des Körpers, oder seiner Einzelteile selbst gestellt, oder durch eine dem Körper völlig fremde von außen her einwirkende Kraft, wobei die Muskeln nur die Rolle von Kraftübermittlern und Krafttransformatoren spielen. (Außerordentliche Kraftleistungen, die kräftige Männer, im Vertrauen auf ihre Muskelkraft unternehmen). Entweder handelt es sich dann um eine urplötzliche, enorme Überdehnung und passive Spannung des Muskels bis zu seiner

maximalen Elongationsfähigkeit, wobei gleichzeitig, reflektorisch, oder durch Willensimpuls die größte, aktive Spannung ausgelöst wird, so daß der Knochen am fixen, seltener am mobilen Ansatzpunkt des Muskels abgerissen, oder letzterer selbst im Muskel oder Sehnenteil rupturiert wird; oder es lag dabei eine vehemente in der Dosierung weit übergriffene, aktive Kontraktion des Muskels vor, wie sie bei der Übertreibung und Überdosierung zweckmäßiger, automatischer Schutz,- Flucht- und Abwehrbewegungen angesichts einer drohenden Gefahr ausgeführt wird. Mit Hilfe dieser natürlichen, eingeübten und [illegible] Automatismen wirkt ja unser Muskelsystem, als Schutzapparat, der [illegible] Gewalt mit ihrer weiteren deletären Wirkung auf Skelett und Organe entgegen.

[illegible] dieser [illegible] Schutzbewegungen durch die [illegible] oder überhaupt nicht einsetzende Tätigkeit der nervösen, zentralen Regulatoren. Es gibt dabei nicht allein das heftige, plötzliche, den Muskel überraschende, der Kontraktion den Ausschlag, sondern vor allem auch die übermaximale, überdosierte und inkoordinierte Innervation der zur Aktion gerufenen Muskeln und auch ihrer Antagonisten, unter der Einwirkung des Schrecks.

Da unter deren Einfluß offenbar eine Reihe zweckmäßiger Regulatoren und Hemmungen in der nervösen Zentralstation ausgeschaltet bleiben und lahmgelegt sind, unter deren Mitwirkung sonst die Muskeltätigkeit ohne Kraftvergeudung, zu einem plan-

mäßigem Akt koordiniert würde, gewinnt die Muskelaktion etwas übertriebenes, über das zweckmäßige Ziel hinausschießendes, woraus auch weniger eine asynchrone, als vielmehr eine inäquale Funktion innerhalb einer synergistischen Muskelgruppe, oder in den verschiedenen Portionen auch nur eines Muskels resultieren muß.

3. Aus der Physiologie ist bekannt, daß die Großzahl der Muskeln ihre motorischen Nervenfasern aus mehreren aufeinanderfolgenden Wurzeln bezieht, weswegen häufig nur partielle sozusagen radikuläre Kontraktionen des Muskels, wie im physiologischen Experiment, so auch beim gewöhnlichen, zweckmäßig, regulierten Muskelspiel unter Einwirkung des zentralen Nervensystems vorkommen. Ein Moment, daß die Inkoordination der Streckaktion innerhalb eines einzigen Muskels verständlich macht. Alle diese Ausführungen gelten zunächst nur für jene abnorme Muskelbetätigung aus deren Endäußerung ein querer oder axialer Zug auf die zugehörigen Knochen resultiert, wobei letzterer sich gewissermaßen passiv verhält und nur als Widerstandskraft wirkt."

Interessanterweise hatte G u r l t noch in teilweiser Anlehnung an den M a l g a i g n i s c h e n Standpunkt diese Brüche unterschieden in solche, welche die Folge einer ungewöhnlich, starken, willkürlichen Muskelzusammenziehung sind, gegenüber anderen, die sich bei unwillkürlichen, spastischen Kontraktionen ereignen. Eine befriedigendere und begründetere Gruppierung ergibt sich aber aus einer muskelphysiologischen

Betrachtungsweise.

" Eine Unterscheidung der Muskelzugbrüche der Knochen in solche, die durch eine aktive, nach dem physiologischen Sprachgebrauch isotonische, wenn auch inkoordinierte Muskelkontraktion zu Stande kommen, gegenüber einer zweiten Gruppe, wobei die Knochentrennung durch eine passive Überdehnung und aktive Spannungssteigerung des Muskels bewirkt wird, holt sich aus folgenden physiologischen Basispunkten ihre Berechtigung." Bekanntlich weiß man, daß es zwei verschiedene Funktionen der Muskeltätigkeit gibt, die isometrische und die isotonische. Sind die, in der Kontraktionsphase der Muskeltätigkeit entstehenden Widerstände kleiner, als die Kontraktionsenergie des Muskels, so tritt eine Verkürzung des Muskels ein. (Isotonische Muskelaktion) " Unter mäßiger Zunahme der Spannung kann die Kontraktion namentlich als Schutz.- und Schreckkontraktion sich bis zu einer solchen Intensität steigern, daß besonders bei einer ungenügenden und gleichfalls inkoordinierten Tätigkeit der Antagonisten, außerdem beim Versagen des ganzen, weiteren Widerstandapparates, der Widerstand, in den sowieso wenig elastischen Knochen, gebrochen werden kann. Letzterer kommt dann zur Fraktur.

Reizt man jedoch einen an beiden Enden fixierten Muskel, so kann, ohne daß überhaupt eine Verkürzung des Muskels eintreten kann und überhaupt möglich ist, die Spannung im Muskel so stark anwachsen, daß wiederum die Knochenwiderstandsmomente überwunden werden, und der Knochen wiederum zum Bruche kommt. Diese

Bedingung wird bei der größtmöglichen Ausdehnung des Muskels, durch eine ausziehende und überdehnende, direkte oder indirekte, auf diesen Muskel wirkende Kraft bei gleichzeitiger, zentraler Erregung durch einen raschen, der Abwehr und dem Schutze dienenden, reflektierenden Willensimpuls, oder einfachen Reflex, auch im Organismus, nicht so selten realisiert sein, so daß dieses in vitro Experiment nicht ohne weiteres auf den Verletzungsmechanismus am Knochen übertragbar ist. Auch hier ist die Plötzlichkeit und Überdosierung der Spannungsänderung maßgebend.

Der passiv ausgezogene und überstreckte Muskel, der an seiner Verkürzung durch eine, seiner physiologischen Aktion entgegenwirkende, äußere oder innere Gewalt gehindert ist, befindet sich dabei im Zustand einer maximalen oder übermaximalen Erregung, wobei die Spannung der einzelnen Fasern enorm viel höher ist, als im Ruhetonus des Muskels.

Es hängt dann von dem absoluten oder relativen Mißverhältnis zwischen Gewalt und Widerständen, von den Festigkeitsverhältnissen im Knochen, der Intensität und dem Zeitmaß der Einwirkung der Krafteinwirkung ab, ob diese Kontinuitätslösung des Gewebes im Knochen, oder im Muskel der Fall ist. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß der gesunde, lebendige Muskel im Zustand der Kontraktion einer Trennung und Zerreißung mehr Widerstand entgegensetzt, als die Sehne, oder der Knochen. Diese Zerreißungsskala und Reihenfolge gilt nur für das gesunde Gewebe,

denn beim Kadaverversuch läßt sich für das tote Gewebe direkt das umgekehrte Verhältnis feststellen. An der Leiche reißt eher der Muskel, als der Knochen. Diese verschiedenen Aktionsweisen des Muskels scheinen auch bei der Frakturentstehung am Knochen wirksam zu sein. Gröbere Knochenbrüche erscheinen mehr durch isometrische Spannungsaktionen, kleinere corticale Abreißungen, die eigentlichen Rißfrakturen mehr durch isotonische Schreckkontraktion, der Muskeln bedingt zu sein."

Diese hier vorgetragene Betrachtungsweise M e n s c h e n's trägt bewußt etwas schematisierendes an sich, jedoch wird dadurch ein Verständnis und eine Erklärung für den Ablauf und den Mechanismus der Verletzung möglich." Freilich sind die experimentellen Bedingungen der Isotonie und Isometrie bei gewöhnlichen Muskelaktionen selten rein gegeben, meistens handelt es sich je nach der zeitlichen Aneinanderschaltung der Widerstände und deren Größe, um eine Kombination, oder um ein abwechselndes Spiel der isometrischen und isotonischen Aktionen. So wird in den meisten Fällen, wenn die einwirkende Kraft nicht schon vonvorneherein mit ihrem Maximalwert einsetzt, der Muskel schon in einem gewissen Stadium der Kontraktionsphase mit seinem Maximaleffekt belastet, so daß erst die maximale Spannungssteigerung eintritt bei maximaler Dehnung des Muskels. Knochenbrüche, die mit Bestimmtheit auf eine inkoordinierte Muskelaktion zurückzuführen sind, ereignen sich nicht allein an den Knochenfortsätzen und den kleinen und langen Knochen der Extremitäten, die zunächst nach der gewohnten Alltagserfahrung dazu

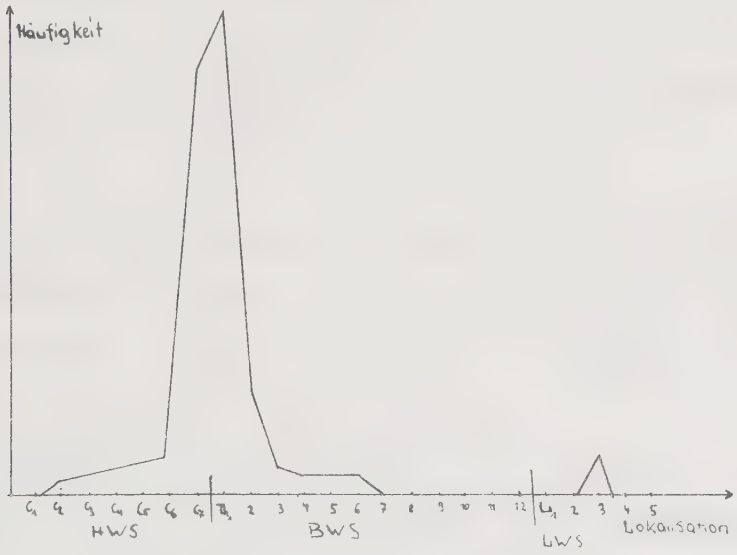
priviligiert erscheinen, sondern auch an den Knochen des Rumpfes und hierbei namentlich an der Wirbelsäule, durch die Streckmuskeln und zwar beim starken Hintunterbeugen des Kopfes."

In mehreren Fällen war die Ursache ein Kopfsprung ins Wasser, wobei der Kopf heftig zurückgeworfen wurde, um nicht auf den Grund zu stoßen. Der Bruch hatte in diesem nach S c h e d e zitierten Fall seinen Sitz am vierten oder fünften Halswirbel. Den auffälligen Widerspruch zu der Tatsache, daß die Wirbelbrüche sonst nur durch enorme Gewalteinwirkung veranlaßt werden und dann gewöhnlich durch einen entgegengesetzten Mechanismus (übermäßiges Zusammenknicken der Wirbelsäule nach vorne) belegt G u r l t mit einer interessanten Erfahrung der Tierärzte. Bei Pferden werden solche Brüche der Wirbelsäule bei einer übermäßigen Kontraktion der Streckmuskeln häufig beobachtet. Besonders, wenn junge, muskelkräftige Tiere gefesselt werden und sich dann durch eine plötzliche Streckung der Wirbelsäule zu befreien versuchen, in diesem Falle erfolgt dann unter lautem Knacken die Fraktur eines, oder mehrerer Wirbel. Man sieht die Aktion, der an die Wirbelsäule gelagerten Muskelmassen kann bei abnormer Betätigung, so gewaltig übertrieben und gesteigert werden, daß eine Frakturierung durch Zug, Abknickung und Kompression bewirkt werden kann.

" Der Bruchmechanismus, der mechanische Vorgang ist dabei ein sehr wechselnder. (Zerreißung, Biegung, Torsion, Abscherung,

oder Kombination dieser Mechanismen) In Analogie zu jenen bekannteren durch reflektierte, oder willkürliche, aber brüske Muskeltätigkeit, so häufig veranlaßten Brüchen, die durch übermäßige Aktion sehr kräftiger Muskeln oder Ligamenta an einem kurz gebauten Knochen und namentlich Knochenfortsätzen entstehen, wäre vonvorneherein zu erwarten, daß ähnliche An.- und Abbrüche auch an der mit Knochenzacken so reich ausgestatteten Wirbelsäule nicht selten auftreten müssen. Denn hier ist das Mißverhältnis zwischen dem Energiewert, der maximal kontrahierten oder angespannten Muskeln und der bei der Kleinheit und teils auch Grazilität der Fortsätze relativ geringen Knochenfestigkeit am auffälligsten. Freilich besteht hier gegenüber anderen Rumpfknochen und namentlich gegenüber dem Gliedmaßenskelett der Unterschied, daß der Ursprungs.- oder Insertionsbereich eines Muskels sich auf eine Reihe von Knochen oder Knochenfortsätzen erstreckt und ausdehnt, so daß bei normalen Muskelaktionen ein Fortsatz allein nicht für das Vollmaß der Muskelwirkung beansprucht wird, vielmehr der Maximaleffekt einer Gewalt sich im allgemeinen, mehr oder weniger gleichmäßig auf eine größere oder kleinere Strecke der knöchernen Insertionssphäre verteilt. Anders verhält es sich dort, wo der Insertionsort eines Muskels sich meist auf einen Knochen beschränkt, der demnach für die ganze Traktionswirkung belastet wird. Die reinen Muskelzugbrüche sind ja ähnlich den funktionellen Muskelrupturen, dem muskelstarken, kräftigen, mittleren Lebensalter reserviert und vorwiegend, wie bereits erwähnt, dem muskulösen, männlichen Geschlecht, dem eigentlichen Muskelmenschen. Diese

Ableitungen werden bestätigt durch den typischen und charakteristischen Sitz dieser Brüche, denen die Dornen des siebten Hals.- und der obersten so schlank gebauten Brustwirbel besonders ausgesetzt erscheinen."



Zunächst interessieren die intimeren Vorgänge bei der Bruchentstehung. Hier sei weiter die Arbeit H e n s c h e n s zitiert.

" Im allgemeinen tritt eine Trennung der Knochenkontinuität dann ein, wenn die an irgendeiner Stelle des Knochens angreifende, äußere oder innere Kraft oder die Resultante einer ganzen Reihe

von Kräften das Übergewicht erlangt über alle physiologischen Gegenkräfte und Hemmungsvorrichtungen, die im Knochenbänder-muskelapparat der Wirbelsäule enthalten und wirksam sind oder richtiger im Augenblick der Gewalteinwirkung in Aktion gerufen werden. Die mannigfachen nach Art, Stärke, Richtung der Gewalteinwirkung so vielfältig variierten Wirkungsweisen der verletzenden Kräfte, wie auch die dementsprechenden reich nuancierten und wechselnden Arten und Formen der Gegenkräfte, Widerstände und Schutzvorrichtungen, deren einzelne Komponenten, teils die angreifenden Kräfte parieren und lahmlegen, teils sich ihnen superponieren, bedingen den erstaunlichen Formenreichtum der Knochenbrüche. Die Variation, die Abweichung vom reinen Typus einer theoretischen Abstraktion gilt darum für alle Knochenbrüche als Regel.

Daß auch bei der Aktion außergewöhnlich vehementer Muskelgewalten, bei anscheinend gleicher Wirkungsweise und gleicher Gelegenheit so verschiedene Verletzungseffekte gesetzt werden, bald Distorsion, bald Luxation, bald Frakturen oder Muskelzerreißung, darf nicht verwunderlich sein, bei einem Gebilde, das aus einer Vielheit von Knochen, Bändern und Gelenken, zu einem in seinen Einzelteilen, oder gar als ganzes, so sinnreich funktionierenden Apparat zusammengefügt ist, einem vielgegliederten Knochenschaft, der für seine eigenen Zwecke ein so kompliziertes Muskelsystem benötigt, der einem zweiten mächtigen, weitausgreifend, zu den Extremitäten gehenden Muskelsystem zur Anheftung und als Wirkungsbasis dient.

Die Rückwirkung einzelner oder mehrerer Muskeln auf das Skelett wird demnach bei brüsker, übermaximaler Aktion sehr komplex sein.

4) Mechanismus der Frakturentstehung

Es steht außer Frage, daß der beschriebene Bruchtyp nur durch Muskelzug, unter dem Einfluß einer übermaximalen Muskelspannung (isometrische Muskelfunktion) entstanden sein kann.

Von der Gruppe der spino - humeralen an den Dornfortsätzen angehefteten Muskeln, die bei einer übertriebenen Aktion einen Muskelzugbruch bewirken können, wobei bei Einwirkung der Gewalt am Arm, das Schulterblatt, das kraftübertragende Verbindungsglied bildet, kommen als einzelne eigene in Betracht der Kappenmuskel und die beiden Rautenmuskeln. Die d[illegible] vom äußeren Akzessoriusast und Fasern des Plexus cervicalis übernommene Nervenversorgung des ersteren, macht eine Unstimmigkeit und Ungleichmäßigkeit der Muskelaktion bei einer überdosierten Schreckinnervation leicht verständlich.

Um den Ablauf der mechanischen Vorgänge zu verstehen, muß man sich an die anatomisch, funktionelle Dreigliederung des Kappenmuskels erinnern.

1. Eine occipito - cervikale (claviculare), mehr weniger, steil und schräg, abwärts verlaufende, phylogenetisch den Kopfnickern nahestehende Portion.

2. In einen mittleren, scapularen, mit seiner Faserung horizontal verlaufenden, vom Nackenband, den Dornfortsätzen des siebten und der obersten Brustwirbel entspringenden Abschnittes, welcher zugleich die kürzesten Muskelfasern enthält.

3. In einen etwa zwischen dem siebten bis achten untersten Brustdornen abgehenden Teil, der wieder längere, schräg, aufsteigende Fasern hat.

Gerade in der Gegend der beiden untersten Hals- und der zwei obersten Brustwirbel bilden die starken, sehnigen Ursprungsfasern das bekannte, dreieckige, sehnige ausgezeichnete Sehnenfeld. Wirkt an dem nur über die Horizontale gehobenen Arm eine übermäßig starke, zentrale, zentrifugale Kraft, so wird unter Vermittlung der Scapula vorallem die mittlere mit den kürzesten Muskelbündeln versehene Partie des Trapezmuskels ad maximum gedehnt und gespannt, während der obere und untere Abschnitt des Muskels noch die Fähigkeit der aktiven Kontraktion haben. Diese anatomischen Betrachtungen werden zusammen mit den vorhergehenden muskelphysiologischen Erwägungen deutlich, daß Dornfortsätze wirklich unter Muskelzug brechen können. Die Dornfortsätze sind ja als Hebelarme aufzufassen, deren Länge unter normalen Verhältnissen die Tätigkeit der Muskeln erleichtert. Um den arbeitenden Armen und Händen einen Widerhalt zu bieten, müßte die Wirbelsäule während der Arbeit zu einem festen Stab fixiert sein. Die übermaximale Anspannung des kurzbündligen mittleren Kappenmuskelteiles wirkt dann unter Umständen auf die

knöchernen Ursprünge zurück, bis eine Abbiegungsfraktur, der durch ihre Muskelbeziehungen am meisten gefährdeten Knochenteile erfolgt. Diese muskelmechanische Analyse gewinnt umso mehr an Wahrscheinlichkeit, als in einem der beschriebenen Fälle gleichzeitig eine partielle, subcutane Ruptur im Kappenmuskel, nahe dem Ansatz der Querbündel an der Spina Scapulae konstatiert werden konnte. Daß im übrigen die Aktion der rechtsseitigen Muskeln eine stärkere Gefährdung der Dornfortsätze bedingen muß, erklärt sich aus anatomischen Verhältnissen. Die Dornen der obersten Brustwirbel liegen selten in der sagitalen Symetrieebene, sondern weichen etwas nach rechts von ihr ab. Diese oft nur schwer erkennbare, häufig nur auf eine rechtsseitige Abweichung der Dornfortsätze selbst, beschränkte Dextro-Curvatur des oberen Brustsegments wird veranlaßt durch den linksseitigen Aortenverlauf, vorallem aber durch den formbestimmenden, modellierenden Einfluß der Muskelwirkung in Folge des vorwaltenden, stärkenden Gebrauches des rechten Armes. Rechtshändigkeit des betreffenden Individuums natürlich vorausgesetzt. Die das Schulterblatt dirigierenden Muskeln nehmen ihre Ursprünge nur an den Dornfortsätzen. Die vorherrschende Tätigkeit und Beanspruchung bedingen beim Rechtshänder neben einem muskulärem Übergewicht, gegenüber der Gegenseite die erwähnte dextrolaterale Abbiegung der Dornen. Dazu kommt ein weiteres: Bei den schwer, körperlich arbeitenden Berufszweigen, Maurern, Erdarbeitern, Schmieden usw. kommt es unter Einfluß des Leistungsreizes (selbstregulatorische Funktion) des Muskels nach R o u x zu einer excessiven Ausbildung der Muskel-

masse mit der die Festigkeitszunahme an den Knochen nicht Schritt hält, so daß das Mißverhältnis zwischen Muskelkraft und Knochenfestigkeit, d. h. eine Präponderanz der ersten resultiert.

5. Nach der Analyse des Ablaufes des mechanischen Geschehens am aktiven, motorischen System, interessieren nun die Vorgänge am Knochen. Auf dem Wege physikalisch - mathematischer Deduktion hat Z u p p i n g e r eindringlich daraufhingewiesen, als welch bedeutsames, kausales Moment der lebendige Muskelzug und Auflagedruck bei Entstehung und weiterem Schicksal der Frakturen einzuschätzen ist. Er entfällt bei allen experimentellen Kadaverversuchen, die darum auch nicht annähernd die Vorgänge am Lebenden kopieren können und spielt namentlich beim muskelstarken, mittleren Alter eine wichtige Rolle."

In diesem Zusammenhang sei auf die Statistik der Altersverteilung hingewiesen.

"Lebendiger Muskelzug und Druck bedingen nach Z u p p i n g e r neben dem Blutdruck und der vitalen Temperatur die größere Frakturbereitschaft der lebenden Knochensubstanz. Die Bedeutung dieser Gedankengänge für die Frakturenlehre leuchtet ein. Auf die Wirbelsäule, welche als statischer Grundpfeiler die Basis unserer mechanischen Körperfunktionen bildet, wirken Druckbelastungen, muskulärer Auflagedruck und Muskelzugspannungen von erstaunlich, hohen Werten. Diese Druck.- und Zugspannungen, die bei Ruhe des motorischen Systems bloß als

ruhende Spannung wirken, wachsen bei Einwirkung lebendiger Kraft rasch und stattlich an und reduzieren ganz wesentlich die Festigkeit dieses mechanisch, so beanspruchten Achsenstabes, trotz sinnreicher Starrheit und schlangenhaft, geschmeidiger Biegsamkeit, so wunderbar vereinigender Architektur. Zumal Zug und Druck sich dabei superponieren. Der zum Zustandekommen einer Fraktur notwendige, genügend, starke Gegenzug unter dessen Mitwirkung überhaupt erst Spannungen im Knochen sich bilden (Z u p p i n g e r) wird bei den Dornbrüchen geleistet und übernommen durch die mächtige Muskulatur, die teils den eigenen mechanischen Leistungen der Wirbelsäule dient, teils sich weit nach Rippen und Extremitäten hinausspannt durch die straffen, starken Bänder und das statische Moment, der als Belastung wirkenden Kraft. Der Kappenmuskel wirkt quer zur Längsachse der Wirbelsäule im Sinne einer Abbiegung." G u r l t führte den Entstehungsmechanismus, der von ihm beschriebenen Muskelzugbrüche beinahe in allen Fällen auf die Wirkung eines einarmigen Hebels zurück. Der Bruch würde an der Stelle der einer Last entgegenwirkenden Kraft, oder zwischen den Angriffspunkten beider erfolgen. Diese Auffassung bedarf einer Erweiterung. Ob die angreifende Kraft eine Kontinuitätstrennung des Wirbeldornes, nahe seiner Basis, am Bogen, in seiner Mitte, oder näher der Spitze, oder gar nur eine corticale Abreibung oberflächlicher Apexlamellen bewirkt, hängt von mehreren Momenten ab.

1. Der Länge des Hebelarmes (des Radiusvektors)
2. Der Größe dieser Kraft, respektive deren Produkt.

6. Die statischen Momente der einwirkenden Gewalt geben weniger den Ausschlag als das zeitliche Ausmaß. Bei genügendem Zeitmaß entstehen nach Z u p p i n g e r höchste Spannung, und anschließend die Fraktur an der gefährlichen Stelle des Knochens, die der elastischen Deformierung den geringsten Widerstand leistet. Diese gefährliche Stelle liegt an Hals.- und Brustdornen, etwa in der Mitte, wo auch das Röntgenbild in den meisten Fällen den Abbruch erkennen läßt. Es handelt sich um einen Biegungsbruch. Läßt der zu rasche, zeitliche Ablauf des Traumas nicht die notwendige Zeit zum Abfließen der Spannung im ganzen Knochen, so erfolgt der Bruch an der Stelle des Angriffspunktes selbst oder dicht dabei. In diesem Falle entstehen kleine corticale Abrißbrüche der Dornspitzen, welche bei der Häufigkeit solcher abnormer Muskelgewalten sicherlich gewöhnliche Dinge sind."

Es sei in diesem Zusammenhang nur darauf hingewiesen, wie oft unter ähnlichen Verhältnissen corticale Abbrüche sich an vielen anderen Knochen ereignen, z.B. Corticalisabsprengung am Knöchel, als typische Skiverletzung. " Ziemlich selten sind dem gegenüber reine Band,- Sehnen und Muskelrisse. Diese Erfahrung wird dadurch nicht erschüttert, daß es bei, im großen angestellten Versuchen des Leichenexperimentators eher zu einer Band.- und Muskelzerreißung, als zu einem Knochenbruche kommt. Der Rest, der zum Bruche führenden Gewalt bewirkt nach komplettwerden der Fraktur die mehr, oder weniger große, primäre Fragmentverlagerung, die bei diesen muskulären Dornbrü-

oben nicht erheblich sein wird, da nach dem Abbrechen neue, starke Widerstände und Gegenzüge seitens Muskeln, Bändern (Ligamentum interspinosum) sich einschalten. Art und Angriff der verletzenden Kraft sind zu dem andere geworden. Ein Analagon haben diese Brüche auf seiten der Luxationen in der Halswirbelluxation, welche durch aktive Rotation, seltener durch Überstreckung, also gleichfalls durch brüskiertes Muskelspiel zu Stande kommen. Ihre Entstehung ließe sich auf eine übermäßige, plötzliche Kontraktion besonders des Kopfnickers der einen Seite zurückführen, wodurch eine Schleuderbewegung des Kopfes bewirkt wird." In der Tat müssen spezielle, anatomische Verhältnisse für das zu Stande kommen der Dornfortsatzbrüche verantwortlich sein.

V o l k m a n n erkannte diese Verhältnisse im Verhalten des M. trapecius und der Mm. rhomboidei. Er weist daraufhin, daß im Übergang vom Hals.- zum Brustteil der Wirbelsäule die verschiedensten Muskeln sternförmig zusammenlaufen und hier ihren Mittelpunkt haben. Am wichtigsten erscheint es V o l k m a n n, daß die Pars transversa des M. trapecius mit verschiedenen Teilen, die Schulterblätter nach hinten ziehen, während die übrigen schrägen Anteile des M. trapecius mit den oberen und unteren Fasern des M. rhomboidius zugleich Drehbewegungen im Schultergürtel ausführen.

Im gewöhnlichen Leben laufen diese Bewegungen in der Regel koordiniert ab. Im Zustand der Ermüdung, oder des Steckenbleibens

in der Bewegung erfolgen sie ruckartig, ungleichmäßig und können zum Abbruch führen. Dabei gilt auch hier das ganz allgemeine Gesetz für den Körper, daß Zerreißungen oder Brüche besonders gern dort erfolgen, wo feste Teile in bewegliche Teile übergehen. "Eine derartige Rolle der Feststellung zumindest der unteren Hälfte bis zu zwei Drittel des Dornes üben hier die tiefen Längsbänder aus, die nicht so rasch und so ausgiebig bei heftigen Bewegungen nachgeben und mitgehen, sondern die Dorne noch in einem gewissen Verharrungszustand erhalten. Weiterhin scheinen die längs und steil verlaufenden Schrägmuskeln, wie besonders der M. semi - spinalis und M. splenius capitis, vielleicht auch der M. seratus posterior superior die Dorne an ihrer Basis noch fest zu umschließen und bei ihren koordinierten Bewegungen noch im längsgerichteten Zuge zu fixieren. Dieser längsgerichtete Zug stellt ja meist die vorhergehende Phase vor dem Abbruch, durch seitlichen Zug dar. Es wird also mehr, oder weniger viel von den tiefen Anteilen des Dornes festgehalten und dann durch den ruckartig, einsetzenden Seitenzug der Hals des Dornes, der ja schwächer ist, abgebrochen."

Für die ganz oberflächlichen Abrisse des äußersten Teiles der Dornspitze ist nach V o l k m a n n nur der M. trapecius allein verantwortlich zu machen.

M a t t h e s hebt über dies noch hervor, daß im Bereich des cervico thorakalen Abschnittes der Wirbelsäule die Dornfort-

sätze besonders lang sind und außerdem noch auf der Kuppe einer physiologischen Kyphose liegen. Ferner glaubt er, daß neben der Ermüdung auch die verschiedene Innervation der einzelnen Trapeziusbündel ein ätiologisches Moment für die Verletzung darstellen können.

S a u e r verweist in seiner Arbeit darauf, daß wiederholte Male das Heben einer schweren Last vom Boden in gebückter Stellung, als unmittelbares Unfallereignis angesehen wurde. Nach seiner Meinung ist es keine Frage, daß bei dieser Arbeit eine starke Zugwirkung auf die Processus spinosi der unteren Hals- und oberen Brustwirbelsäule ausgeübt werden muß. S a u e r führt aus: " Das Gewicht der Last sucht den Arm und das Schulterblatt nach vorne zu ziehen, und da das Schulterblatt nur durch die Muskulatur am Thorax festgehalten wird, müssen alle Muskelgruppen, welche das Schulterblatt nach hinten gegen die Wirbelsäule ziehen in kräftige Kontraktion gebracht werden, um dem nach vorne gehenden Zug das Gleichgewicht zu halten.

Als solche Muskeln kommen in Betracht der besprochene M. trapecius, der M. rhomboideus maior und minor, von denen der erste vom Ligamentum nuchae und vom siebten Halswirbel bis zum zwölften Brustwirbel entspringt, während die anderen vom sechsten bis vierten Brustwirbel ausgehen. Der stärkste Zug muß natürlich an den Dornfortsätzen wirksam werden, an welchen beide Muskelgruppen gemeinsam entspringen. Dies ist der siebte Halswirbel bis sechste Brustwirbel und von diesen wiederum

werden diejenigen Dornfortsätze am meisten belastet, welche in der Verlängerung der Linie liegen, in welcher das Schulterblatt sich nach außen zu bewegen sucht. Bei gleichmäßiger Anspannung beider Arme wird nun durch die symmetrischen Muskelgruppen ein gleichstarker Zug nach beiden Seiten ausgeübt werden, so daß die an den Dornfortsätzen wirksam werdenden Kräfte sich annähernd das Gleichgewicht halten, oder es wird, da der Winkel unter dem die Kräfte zu der Längsachse der Dornfortsätze angreifen, wenig unter einem Rechten bleiben. Als Resultante dieser Komponenten wird nun ein geringer Druck in dorsoventraler Richtung auf den einzelnen Processus spinosus stattfinden, der wohl kaum eine Kompression hervorzurufen vermag. Um eine Absprengung des Dornfortsatzes in seitlicher Richtung zu erzeugen, muß notwendigerweise, der Zug nach einer Seite erheblich überwiegen. Eine solche ungleichmäßige Zugwirkung wird ausgeübt werden bei asymmetrischer Verwendung der beiden Arme oder durch eine plötzliche Gleichgewichtsveränderung der zu hebenden Last, weil sie eine momentane, starke Anspannung der rechten, oder linken Schultergürtelmuskulatur verursacht. Leicht wird aber auch bei gleichmäßiger Inanspruchnahme der Arme schon wegen der mächtigen Muskelentwicklung einer Seite, am häufigsten rechts bei Rechtshändern, die Kraftentfaltung in dieser Richtung eine stärkere sein. Dies begünstigt besonders das Überwiegen der Zugwirkung nach einer Seite, und damit die Entstehung einer Absprengung der Dornfortsätze. Nicht nur die vorstehenden theoretischen Überlegungen machen diese Komponente wahrscheinlich, auch die Anamnese verschiedener Fälle

beweist dies.

Es wird häufig die Ursache der Verletzung in einer Schleuderbewegung mit der beladenen Schaufel nach vorne und aufwärts angegeben. Bei dieser Bewegung führt der eine Arm in Ortenhöhe den Schaufelstiel ungefähr in der Mitte haltend, eine kreisartige Bewegung nach vorne und oben aus, während der andere Arm dessen Hand mit Obergriff das Ende des Schaufelstieles umfaßt, dieses Ende nach unten drückt. Die Schleuderbewegung des vorderen Armes wird durch eine plötzliche Kontraktion des Armes und des Schulterblattes sistiert und dadurch der auf der Schaufel befindlichen Masse die gewollte Richtung gegeben. Bei dieser Bewegung muß der Zug an den Dornfortsätzen ein besonders heftiger und ganz einseitiger sein, besonders weil, wegen der anders gearteten Arbeitsleistung des zweiten Armes eine Paralellisierung dieses Zuges durch die symmetrischen Muskelgruppen der anderen Seite, gar nicht zu Stande kommt."

Daß es nicht erst zum Dauerschaden am Knochen kommen muß, bevor eine, das gewöhnliche Maß der Arbeitleistung übersteigende Belastung zur Fraktur führt beweist der Hinweis verschiedener Autoren, daß Arbeiter bei denen es zu Frakturen der Dornfortsätze kam, bisweilen erst ein oder zwei Tage lang mit Grabarbeiten dieser Art beschäftigt waren. Z i m m e r verweist auf die Tatsache, daß in England, Dornfortsatzbrüche bei Cricketspielern beschrieben wurden, diese Spieler holen zum Schlag sehr stark aus. Bei Fehlschlägen kommt es am Dornfortsatz, wie bei Fußball-

spielen am Knie, durch Zug der Ligamenta cruciata zu Aus- bzw. Abrissen, als Folge einer ähnlichen Art unkoordinierter Schleuderbewegung. Z i m m e r weist ebenfalls auf die anatomischen Verhältnisse hin und führt ergänzend aus, daß die Muskelfasern im oberen Teil des M. trapecius sehr lang sind, jedoch im mittleren Anteil durch den breiten, sehnigen Teil, relativ kurz. Aus zahlreichen Beispielen ist bekannt, daß bei schweren Anstrengungen sehr leicht Muskelzerrungen,- und Rupturen zu Stande kommen können. In diesem Zusammenhang sei an einen von S a u e r beschriebenen Fall erinnert, bei dem der Bizeps eines muskelkräftigen Schwerathleten riß, als er eine unkoordinierte Bewegung ausführte. Er griff nach einem Wasserglas, daß umzufallen drohte. Die langen Fasern des M. trapecius sind wesentlich elastischer, als die kurzen mit ihrer langen Sehne. Bei einer unkoordinierten, einseitigen Bewegung wird die Sehne einem kräftigen Kontraktionszug nicht nachgeben, sondern die Gewalt pflanzt sich auf den dünnen Wirbelfortsatz fort und bringt ihn zum Brechen. Z i m m e r schreibt aber auch dem M. rhomboideus maior einen Teil der Schuld an diesen Brüchen zu, da auch er in diesem Gebiet entspringt, und seine Fasern schräg nach abwärts, zum Margo vertebralis scapulae laufen; durch Einwirkung dieser Fasern wird wahrscheinlich das Fragment des Wirbeldornfortsatzes nach unten gezogen. Nach Z i m m e r ist der Anteil des M. seratus posterior an der Entstehung des Bruches nicht allzu groß, obwohl auch er in der nächsten Umgebung des siebten Halswirbels entspringt und schräg nach unten zieht, um an den Rippen zwei bis fünf

anzusetzen. Seine Aufgabe ist es im Besonderen diese Rippen zu heben.

Zum Mechanismus des Bruches führt er sinngemäß aus.

Durch die asymmetrische, unkoordinierte, plötzliche Kontraktion der Muskeln einer Seite überwiegt die Kraft dieser Seite. Im Wesen der Unkoordiniertheit liegt es, daß die Antagonisten der anderen Seite sich nicht zum Gegenzug kontrahieren, deshalb kommt es zur Biegungsbelastung des Dornes und zu seinem Abriß. Die stete Wiederholung dieser Biegungsbelastung führt auch andererseits wieder zur Ermüdungsfraktur. Bei der am vorgeschädigten Knochen, bei submaximaler Belastung, also bei einer Belastung, wie sie im Rahmen der Arbeitsbelastung eintritt, es zur Fraktur, eben der Schipperfraktur, die hier nicht interessieren soll, kommt. Diese Problematik zeigt wiederum auf, daß eine haarscharfe Grenze zwischen reiner Muskelzugfraktur und Dauerbruch nicht gegeben ist. Die Durchsicht der Unfallschilderungen zeigt immer wieder das Trauma auch bei der sogenannten reinen Schipperfraktur, als ursächlichen, auslösenden Faktor, sei es das Steckenbleiben der Schaufel oder das Festhaften-bleiben von Material auf der Schaufel beim Wurf. In weniger, als der Hälfte der Fälle kam es während der gleichmäßig, ablaufenden Schaufelarbeit zur Fraktur.

Auch K i r c h m a y e r geht beim Mechanismus der Frakturentstehung vom M. trapecius, M. rhomboideus maior und minor und vom M. serratus posterior superior aus und bemerkt dazu.

Da sich die Muskeln beider Seiten gleichmäßig anspannen wird für uns zunächst nur jene Kraft in Betracht kommen, welche die Resultierende der Zugkräfte beider Muskelgruppen darstellt, d. h. die also paralell zur Wirbelsäule wirkende Kraftkomponente. Es greifen die Fasern der Mm. rhomboidei, sowie die Serratusbündel unter einem Winkel von 40° an den Wirbeldornfortsätzen an, während die Fasern des M. trapecius unter $20 - 90^{\circ}$ wirken, je nach dem letzten Hals.- oder dritten Brustwirbel betrachtet. Berechnet man, wie sich die Kräfte unter dem obigen Angriffswinkeln zueinander verhalten müssen, um gleiche Zugkomponenten zu geben, so kommt man zu dem Resultat, daß die unter 70° ziehende Kraft 2,74 mal größer sein muß, als die unter 40° Angreifende.

Daraus erhellt wohl, daß die Zugkomponente, die hier in Rechnung zu stellen ist, für M. rhomboideus und M. serratus posterior superior größer sein muß, als für den M. trapecius. Ohne weiteres klar ist dieses Verhältnis, wenn man den dritten Brustwirbeldorn betrachtet, an dem die Trapeciusfasern im rechten Winkel angreifen, mithin die Zugkomponente, die paralell zur Wirbelsäule nach abwärts zieht gleich null wird und deshalb nur eine kleine Druck.- respektive Zugkomponente in senkrechter Richtung übrig bleibt. Je nach dem Höhenunterschied von Ursprung und Ansatz der Muskelfasern - diese kann aber, da sie nur sehr klein ist außer acht gelassen werden. Durch diese paralell zur Wirbelsäule wirkende Zugkomponente entstehen auf der oberen Fläche der leicht

geneigten Dornfortsätze Zugspannungen. Diese allein können, wenn die Kraft weiter wirkt, bis die Elastizitätsgrenze überschritten wird, zur Fraktur führen, besonders leicht dann, wenn die Kraft ruckweise zunimmt, oder wenn durch eine Bewegung des Körpers kleine Stellungsveränderungen der Dornfortsätze eintreten."

Besonders einleuchtend ist dieser Bruchmechanismus in einem Falle K i r c h m a y e r ' s.

Ein kräftig, vorwärts schreitender Arbeiter zieht mit nach rückwärts greifendem Arm eine Last nach sich. Diese stockt plötzlich und der Mann zieht mit kräftigem Ruck an.

"Die durch starke Anspannung der beiden Mm. trapeci, Mm. rhomboidei und Mm. serrati posteriores superiores entstandene Zugkomponenten, die paralell der Wirbelsäule nach abwärts wirkt, hat hochgradige Zugspannungen an der oberen Fläche des Wirbeldornes erzeugt. Das Spannungsplus, welches durch das Steckenbleiben der Last und die dadurch bedingte, ruckweise Muskelkontraktion entsteht, übersteigt die Elastizitätsgrenze des Knochens und damit erfolgt der Abriß des Knochenstückes.

In etwas komplizierterer Weise verläuft der Vorgang beim Aufwärtswerfen einer beladenen Schaufel. Das Wesentliche bleibt allerdings gleich. Die starken durch das Heben des Gewichtes entstehenden Zugspannungen an der Oberfläche der Dornfortsätze.

In diesem Falle ist die Tatsache zu berücksichtigen, daß die Muskeln beider Seiten durch die ungleiche Belastung bzw. Kraftbetätigung der Arme ungleich gespannt sind, daß sich also der Kraftüberschuß der einen Seite, als Seitenzug noch der M. rhomboideus - M. serratus Zug addiert und die Zugspannung am Wirbeldorn nicht auf der oberen Fläche entsteht, sondern gegenüber der vom Angriffspunkt größten Zugkraft. Auch hier kommt es zu einer plötzlichen Verstärkung der Muskelaktionen und damit zu ruckweiser Steigerung der Zugspannung, die den Knochenbruch bedingen. Gerade die ruckweise Steigerung des Spannungsmomentes ist das Ausschlaggebende für das Entstehen der Riißfraktur, denn der Knochen bricht bei plötzlicher, hoher Beanspruchung schon bei einer Belastung, welche er bei langsamer Steigerung der Kraft noch ohne verletzt zu werden verträgt. Es spielen bei dieser Verletzung gewiß noch begünstigende Bedingungen mit, sei es ein Mißverhältnis zwischen Muskulatur, Dornfortsatzbauart, oder eine besondere Stellung des Wirbeldornes."

P i r k e r sieht nach einer Anmerkung M a t t h e s in der Störung der dynamischen Korrelation in Folge der Hypertrophie der Muskulatur bei extrem trainierten Grobarbeitern die Ursache der Fraktur.

W o l f bezieht sich auf die Arbeit H e n s c h e n s und ergänzt die in Frage kommenden Muskeln ebenfalls noch um den M. serratus posterior superior, der von den Dornfortsätzen des 6. Halswirbels bis 2. Brustwirbels entspringt und an den Rippen ansetzt, seine Aufgabe ist es diese Rippen zu

heben. Vielleicht kann er bei stillgelegtem Thorax als Hilfsmuskel, nach Meinung W o l f s, als Strecker des entsprechenden Wirbelsäulenanteiles wirken. Schließlich kommt noch in Frage der M. splenius capitis, der vom dritten Halswirbel.- bis dritten Brustwirbeldorn entspringt, am Hinterkopf ansetzt und bei einseitiger Innervation den Kopf seitlich zu drehen vermag.

Seiner funktionell, anatomischen Dreigliederung entsprechend können die schräg verlaufenden Muskelfasern des M. trapecius sich bei erhöhter Beanspruchung noch verkürzen, wenn die mittleren, querverlaufenden Fasern im Bereich des siebten Halswirbels bis zweiten Brustwirbels bereits an der äußersten Grenze ihrer Dehnbarkeit angelangt sind, um so mehr als der M. trapecius gerade im Bereich des siebten Halswirbels und ersten Brustwirbels den rautenförmigen Sehnenspiegel bildet.

Aus der Analogie von anderen Knochenabbrüchen weiß man, daß Sehnen bei Überdehnung eher ein Stück Knochen mit abreißen, als Muskeln. Hierzu kommt, daß die in Frage kommenden Wirbeldornen besonders lang, dabei sehr schmal und dünn sind. (7. Halswirbel = Vertebrum prominens) Der sechste Halswirbeldorn hingegen ist noch kurz, so dürfte es zu erklären sein, daß dieser nach klinischen Erfahrungen selten zu frakturieren pflegt. Obwohl er nach dem anatomischen Verhalten der Muskelursprünge genauso gefährdet sein müßte, wie die folgenden. Daß aber der dritte Brustwirbeldorn nur ausnahms-

weise, der vierte Brustwirbeldorn überhaupt nicht abbricht, liegt an der bereits oben besprochenen großen Länge der Muskelbündel und ihrer größeren Kontraktionsfähigkeit. Offenbar spielt aber auch in dem gegebenen Augenblick die ungleiche Muskelspannung der einzelnen Dorne eine Rolle, durch die der Muskeltonus der einen Seite das Übergewicht über die Gegenseite erhält, wodurch der Abriß ermöglicht werden muß.

In der Anamnese der meisten Patienten ergibt sich eine ungleichmäßige Belastung beider Arme.

Auch R o s t o c k räumt ein, daß der Bruch eines oder mehrerer Dornfortsätze durch einmaligen, starken Muskelzug hervorgerufen werden kann. Den Entstehungsmechanismus erklärt dabei C o r d s so: Die Wirbelsäule wird z. B. beim Schieben schwerer Loren durch Anspannen aller Rumpfmuskeln in einer nach vorne übergeneigten Stellung festgehalten. Bei dieser Tätigkeit arbeiten die Arme normalerweise mit gleicher Kraftentfaltung, d. h. alle Muskeln beiderseits der Wirbelsäule üben gleichen Zug auf die Dornfortsätze aus. Wird nun aber plötzlich die Beanspruchung auf der einen Seite verstärkt, so tritt ein Dornfortsatzabriß ein. Die Ursache für eine solche einseitige Belastung kann z.B. eine Schreckinnervation sein, die sich in einer Inkoordination im Sinne A s c h e r s auswirkt. Es sei in diesem Zusammenhang nochmals auf die doppelte Innervation des M. trapecius hingewiesen.

Ein wie großes Gewicht in solchen und ähnlichen Fällen, z. B. bei reinen Muskelabrissen auf die Inkoordination der Bewegung zu legen ist, soll ein Beispiel von B o s s aufzeigen. Er schildert den Fall eines vierzig Jahre alten Athleten, der eine vom Trapez abstürzende Kollegin auffangen will.

" Der nach oben gestreckte Arm wird beim Auffangen maximal nach innen gedreht, wobei unter Krachen ein Daumenglied großes Muskelstück aus dem langen Bizepskopf herausgerissen wird."

Es scheint daher erst recht einleuchtend, wenn bei einer unkoordinierten Inanspruchnahme so großer Muskelmassen, wie Mm. rhomboidei und M. trapecius verhältnismäßig leicht ein Abriss den relativ dünnen Dornfortsätze der unteren Halswirbelsäule und oberen Brustwirbelsäule zu Stande kommt.

B o s s nennt die Dornfortsatzbrüche, gewerbsmäßige Brüche, d. h. sie betreffen bestimmte Berufszweige, wie Lastenträger, Grobarbeiter, Maurer usw. Bei diesen körperlichen Schwerarbeiten kommt es zu einer Arbeitshypertrophie der Muskulatur mit der die Festigkeitszunahme am Knochen nicht mehr Schritt hält. Es folgt dadurch ein Überwiegen der Muskelkraft, so daß der Knochen nachgeben und brechen muß. Diese Theorie wird von der Tatsache unterstützt, daß diese Fraktur nie bei Frauen vorkommt und außerdem ist fast stets der Hinweis bei nahezu allen Autoren zu finden, daß es sich um einen äußerst muskelkräftigen Patienten handelt.

Als weitere Theorien gibt M a y d l an: Überspannen des M. spinalis und cervicalis.
Von Frisch, Verletzung durch M. rhomboideus.
Interessant ist auch die Theorie R i e d i n g e r s, daß es sich um den Zug der M. serratus anterior - M. rhomboideus Schlinge handelt.

7. Als Ursachen für Abrißfrakturen haben wir also:

1. sehr heftige Bewegungen
2. einseitige oder wenigstens asymmetrische Bewegungen
3. abrupte, inkoordinierte, in der Dosierung nicht berechnete Kontraktionen
4. Dornfortsatzbrüche sind aber auch möglich als Folge von Stürzen mit heftigem Überbiegen der Wirbelsäule nach hinten, z. B. beim Kopfsprung in zu flaches Wasser; um einen Aufprall auf dem Grund zu verhindern, versucht der Betreffende dabei, durch maximale Überstreckung ins Hohlkreuz eine Grundberührung zu verhindern.

Die dachziegelartige Anordnung der Dornfortsätze verursacht nach der Theorie S a u e r ' s den Abbruch. Er erklärt dies folgendermaßen: Durch die Überbiegung nach hinten stemmen sich die Dorne gegeneinander und brechen schließlich.

Von K r y g e r hat dies experimentell auch beweisen können, in dem er an Leichen durch Hintüberbiegen Frakturen der Dornfortsätze der Lendenwirbelsäule zu Stande brachte.
Wurde Kopf und Brust nach hinten überbogen, so entstand die Absprengung an den oberen Lendenwirbeln. Wurde die Bewegung mit der unteren Rumpfhälfte ausgeführt, so entstanden die Brüche in der unteren Hälfte der Lendenwirbelsäule. In diesem Zusammenhang sei nochmals verwiesen auf die Beobachtung H e n s c h e n s, nach dem es bei Pferden oft zu Frakturen von Halswirbelsäulendornfortsätzen kommt, wenn sie versuchen sich aus einer Fesselung zu befreien.

8. Typische Fälle aus der Literatur

Im weiteren seien nun, nach der Besprechung des Frakturmechanismus typische Unfallereignisse, die zum Abriß der Dornfortsätze geführt haben, geschildert.

Dauerbrüche, die Frakturen, die in den Bereich der Schipperfraktur fallen, seien ausgeklammert und nur Fälle aus der Literatur geschildert, bei denen es sich um offensichtlich, einmalige, überhöhte Muskelaktionen handelt, die zum Bruche führten.

1. Dornfortsatzabbrüche beim Sport

S c h u l t e zitiert bei von F r i s c h.
Ein gesunder Soldat von kräftigem, muskulösem Körperbau kam beim Bockspringen ungeschickt ab und übersprang das Gerät,

verspürte jedoch bei der Landung einen kräftigen Schmerz im Kreuz, kam auf die Füsse, ohne zu fallen, aber er überdehnt sich dabei übermäßig stark nach hinten. Die nachträgliche Untersuchung ergibt einen Abriß vom Dornfortsatz L 3.

R u p a m e r:

Es handelte sich um Militärskifahrer, welche mit voller Bepackung in Hocke, mit ziemlich starker Vorlage einen Hang hinunterfuhren. Sie bekamen das Übergewicht nach vorne, wobei ihnen die Bepackung in den Nacken fiel. Reflektorisch glichen die Verunfallten diese Haltung dadurch aus, daß sie ruckartig den obersten Teil der Wirbelsäule nach hinten überstreckten. Durch das jetzt einsetzende Zurückfallen der Tornisterpackung wurde die Überstreckung der Wirbelsäule noch passiv verstärkt, es kommt zum Abriß der Vertebra prominentes.

T h o r p e zitiert bei von S a a r:

Ein 21 jähriger, sehr muskulöser Matrose fühlte beim Fußballspiel plötzlich, bei einer vehementen Drehung des Oberkörpers, bei fixiertem Unterkörper, einen heftigen Schmerz in der Wirbelsäule, verbunden mit vollständiger Paraplegie der Beine, mit Blasen.- und Mastdarmlähmung. Die vorgenommene Laminektomie ergibt einen Abbruch des Dornfortsatzes des dritten Brustwirbels und einen Bruch des Wirbelbogens an seiner Verbindung mit dem Querfortsatz. Die losen Knochenstücke werden entfernt. Dura und Rückenmark schienen nicht verletzt. Nach vorübergehender Besserung schreitet die Lähmung fort. 32 Stunden nach dem Unfall stirbt der Mann. Die Sektion ergibt noch einen extraduralen Bluterguß gegenüber des 5. Brustwirbels.

2. bei der Arbeit:

K ö h l e r :

Ein 35 Jahre alter Arbeiter wollte einen schweren Kohlensack heben, rutschte dabei aus und verspürte sofort einen starken Schmerz zwischen den Schulterblättern. Die Röntgenuntersuchung ergibt Querfraktur der processus spinosi C 6 und C 7 mit Dislokation der dorsalen Fragmente nach caudal. (sonst kein pathologischer Organbefund).

G ö t z e l :

" Der 30 Jahre alte Hilfsarbeiter J. K. tritt am 27. 5. 1922. in die Anstalt ein. Er gibt an, er habe - als er vor 8 Tagen einige schwere Eisenstangen im Gesamtgewicht von 2 Zentner auf den Rücken nehmen wollte - plötzlich zwischen den Schulterblättern einen heftigen, stechenden Schmerz verspürt, der es ihm unmöglich machte, weiter zu arbeiten. Die Schmerzen haben sich bis jetzt nicht gebessert. Sie sind am deutlichsten beim Versuch mit den Armen irgend etwas zu heben, oder eine Arbeit zu verrichten.

Aus der früheren Anamnese bietet die Angabe Interesse, er habe zwar eine Lues vor 2 Jahren acquiriert, nach 2 Kuren ist die serologische Blutuntersuchung zur Zeit jedoch negativ.

Aus dem Aufnahmebefund ist hervorzuheben: K. ist äußerst kräftig gebaut und hat kräftige Muskulatur des Stammes und der Extremitäten. Die inneren Organe sind gesund und insbesondere fehlen jedliche Erscheinungen einer Rückenmarksläsion.
Der Röntgenbefund zeigt eine glatte Querfraktur, ungefähr

in der Mitte des 1. Brustwirbeldornes mit Paralellverschiebung des abgerissenen Stückes caudalwärts."

K i r c h m a y r: 1. Fall

" Sobota Franz, Arbeiter in einer Malzfabrik zog ein Blech, auf welchem eine große Menge Malz aufgeschichtet lag, sodaß er, die Hände nach rückwärts haltend, kräftig nach vorne schritt. Plötzlich blieb die Last stecken, der Mann zog mit einem kräftigen Ruck an, verspürte sofort einen heftigen, stechenden Schmerz zwischen den Schulterblättern und mußte die Arbeit ruhen lassen. Zwei Wochen verrichtete der Patient unter ständigem Schmerz leichtere Arbeit. Heben und ziehen konnte er nicht. Bei der dann folgenden Untersuchung fand ich bei dem muskulösen Mann keine Veränderungen an der Haut über der Wirbelsäule. Die Dornfortsätze sind schon für das Auge so in ihrer Stellung verändert, daß der Zwischenraum vom letzten Halswirbeldorn, zum Dorn des 1. Brustwirbels viel größer ist, als von diesem zum Dorn des zweiten. Der Dornfortsatz des 1. Brustwirbels ist auf Betastung äußerst empfindlich und zeigt sich nach der Seite leicht, nach unten und oben jedoch schwer beweglich. Bei diesen Manipulationen fühlte man deutliches, grobes Krepitieren. Die Röntgenaufnahme zeigt die Ansatzstelle des processus spinosus am hinteren Bogen des 1. Brustwirbels leer, die Spitze des processus ist tiefer gerückt. Der Kranke bleibt 2 Wochen. Am Entlassungstag ist der abgerissene Dornfortsatz zwar nicht mehr schmerzhaft, aber doch deutlich beweglich."

K i r c h m a y r: 2. Fall

" Petrick Anton, 26 Jahre, Pflasterer hob einen mit 23 Stück Pflastersteinen beladenen Schubkarren auf, um ihn auf der Straße fortzurollen. Als er sich aufrichten wollte, fühlte er einen heftigen, stechenden Schmerz zwischen den Schulterblättern und ließ den Karren fallen.
Drei Tage später stellte sich der Verletzte in meinem Ambulatorium vor.

Die Haut zwischen den Schulterblättern ist für Auge und Tastgefühl unverändert. Der 1. Brustwirbeldorn ist stark druckschmerzhaft.
Der tastende Finger fühlt bei dem herkulisch gebauten Mann den 1. Brustwirbeldorn tiefer getreten und seitlich, sowie nach oben und unten deutlich beweglich. Seitliches Hochheben der Arme bereitet Schmerzen am Punkte der Verletzung. Abnorme Haltung des Halses ist nicht zu konstatieren. Der Patient bleibt drei Wochen im Krankenstand und verlangt selbst seine Gesundschreibung, da er keine Schmerzen mehr fühlt. Das Röntgenbild zeigt eine Abreißung des 1. Brustwirbeldornes mit geringem Tiefertreten des Fragments in leichter Abweichung nach rechts."

K i r c h m a y r: 3. Fall

" Oskar Schlinger hob eine ca 40 kg schwere Eisenschiene auf, sodaß sie auf beiden Vorderarmen lag. Als er sich aus gebückter Stellung aufrichtete, verspürte er einen plötzlichen,

heftigen Stich zwischen den Schulterblättern und mußte die Arbeit aufgeben. Drei Tage später kommt der Kranke zu mir und klagt an einer genau lokalisierten Stelle der Wirbelsäule über stechende Schmerzen, die bei jedem Versuch einen Gegenstand zu heben, auftreten. Die Untersuchung ergibt eine sehr hochgradige Klopf.- und Druckempfindlichkeit des 1. Brustwirbeldornes. Es ist jedoch weder Beweglichkeit in irgendeiner Richtung, noch eine Krepitation nachzuweisen. Das Röntgenbild läßt eine Verletzung des Dornfortsatzes erkennen. Der Patient wird nach dreieinhalb Wochen aus der Behandlung entlassen. Der 1. Brustwirbeldorn ist auf mäßig, kräftigen Druck noch etwas empfindlich."

K i e c k m a n n : 4. Fall

" 21 jähriger Hilfsarbeiter hob mit drei anderen Arbeitern eine Holztreppe. Er mußte sich stark bücken, um die Treppe zu fassen und fühlte, als er sich aufgerichtet hatte, einen so kräftigen Schmerz zwischen den Schulterblättern, daß er die Treppe niederstellen mußte. Unter geringen Schmerzen mischte er noch zwei Stunden Beton. Tags darauf fühlte er noch stärkere Schmerzen und meldete sich beim Arzt, der ihn drei Tage im Krankenstand hielt und dann gesund schrieb, da er keine Erkrankung an ihm nachweisen konnte. Nach dieser Zeit kam er in meine Ordination.

Die Haut über der Wirbelsäule ist absolut normal. Die Dornfortsätze, die sich bei dem muskelkräftigen Jüngling für das

Auge nur schlecht abheben, zeigen keinerlei Stellungsänderung. Der tastende Finger findet die Dornfortsätze in regelmäßigem Abstand. Der 3. Brustwirbeldorn ist so druckschmerzhaft, daß der Kranke bei seiner Betastung zusammenzuckt. Legt man die Kuppe des einen Zeigefingers in die Grube oberhalb des 3. Brustwirbeldornes und die des zweiten in die Grube zwischen dritten und vierten und bewegt man die Finger, wie zur Prüfung auf Fluktuation, so fühlt man ein leichtes Knochenreiben und Knacken mit gleichzeitigem Auf.- und Abbewegen eines Knochenstückes. Das selbe Gefühl hat man, wenn man dem Patienten die Arme hochheben läßt. Er selbst fühlt das Knacken nicht. Nach den Seiten hin ist das Fragment nicht beweglich. Der Versuch etwas aufzuheben, verursacht dem Patienten heftige Schmerzen. Aufheben der Arme nach der Seite schmerzt stark. Die gleiche Bewegung nach rückwärts verursacht ein leichtes Stechen. Beim Hochheben der Arme nach vorne entstehen keine Schmerzen. Beim ruhigen Liegen im Bett fühlt sich der Patient völlig wohl. Jeder Versuch sich umzudrehen, verursacht dem Patienten heftige Schmerzen, die streng lokalisiert sind. Die Bewegung der Halswirbelsäule ist völlig frei und schmerzlos. Die Röntgenbilder zeigen eine Verletzung des 3. Brustwirbeldornes. Nach 2 Wochen kann der Verletzte alle Armbewegungen ohne Schmerzen ausführen, nur das Aufheben von Gegenständen macht noch Schmerzen. Die Beweglichkeit des Fragments ist geringer geworden."

R e i s n e r:

Ein 20 Jahre alter Bahnarbeiter wollte einen 3 Zentner schweren Block liften, stützte sich mit einer Hand ab und zerrte mit der anderen Hand fest mit einem Ruck an dem Block. Der Röntgenbefund zeigt einen Abriß der C 7, Th 1.
Ein Beispiel für einseitige, inkoordinierte Belastung.

S c h ü t z:

Vorgeschichte: "Ein 27 jähriger Arbeiter will eine beladene Schubkarre über eine Bohle fahren. Als der Schubkarren in Folge einer kleinen Unachtsamkeit nach rechts abgleitet und kippt, sucht der Mann das Kippen aufzuhalten und bemerkt plötzlich einen stechenden Schmerz zwischen beiden Schulterblättern, der von einem klackendem Geräusch begleitet ist - da er nicht weiterarbeiten kann, kommt er zur Untersuchung.

Befund:

Mittelgroßer Mann, von kräftigem, muskulösem Körperbau. Normale Körperhaltung. Kein sichtbares Krankheitssymptom. An eng umschriebener Stelle, die genau dem Dornfortsatz des 1. Brustwirbeldornes entspricht, starker Druck.- und Klopfschmerz, Dornfortsätze seitlich beweglich, was besonders bei Anspannung der Rückenmuskulatur deutlich wird. Heben der Arme nach vorne und zur Seite gelingt nur bis zur Horizontalen. Beim Versuch die Arme hoch zu heben, stellt sich Schmerz zwischen den Schulterblättern ein. Der Röntgenbefund zeigt eine Verletzung des Th 1, DF.

Z o l l i n g e r: 1. Fall

Einem 34 jährigen Handlanger, es ist wiederum vermerkt, er sei gesund und kräftig, rutschte ein 50 Kilogramm schwerer Zementsack ab, den er auf seine Knie gehoben hatte. Er griff nur mit der rechten Hand schnell nach und verspürte einen stechenden Schmerz zwischen den Schulterblättern.
Der Röntgenbefund weist einen Abriß des 2. Brustwirbeldorns auf.

Z o l l i n g e r: 2. Fall

Ein Arbeiter trug mit einem Kameraden sieben schwere Kübel von je drei Zentner von einem Schiff auf das Land. Der Kübel hing an einer Stange, die auf den Schultern der Träger ruhte. Der Arbeiter mußte auf unebenem Gelände gehen, der Kübel schwankte, (der Nacken wurde leicht gebeugtgehalten)- beim Versuch die Schwankung auszugleichen, fühlte der Mann einen plötzlichen stechenden Schmerz zwischen den Schulterblättern. Der Röntgenbefund weist eine Abrißfraktur am proximalen Ende des 7. Halswirbeldornes und 1. Brustwirbeldornes auf.

K ü t t n e r zitiert bei Z o l l i n g e r

Ein 27 jähriger Apotheker schüttelte Maikäfer von einem Baum, er stand neben dem Baum, den er mit der linken Hand gefaßt hielt, während die rechte Hand nach einem Ast griff. Unmittelbar darnach bückte er sich, ging mehrere Schritte in gebückter Haltung und richtete sich dann auf und fühlte dabei heftige Schmerzen im Kreuz. Der Dornfortsatz des 4. Lendenwirbels ist

gebrochen.

Diese Auszüge aus der Literatur machen deutlich, daß Frakturen der Dornfortsätze durch Muskelzug auch am nicht vorgeschädigten Knochen unter verschiedensten Bedingungen zu Stande kommen können.

Sie entstehen meist:
1. bei heftigen Bewegungen
2. bei einseitigen, asymmetrischen Bewegungen
3. bei inkoordinierten Bewegungen
4. sie entstehen meist in unphysiologischer Stellung und Haltung, wie z. B. Beugung und Überstreckung, jedoch meist aus gebückter Stellung.

Bei der Entstehung der Frakturen wirken stets mehrere Faktoren zusammen, welcher ursächlich überwiegt ist von Fall zu Fall verschieden.

Abrissfrakturen durch Muskelzug an der Wirbelsäule

I. Dornfortsatzabrisse

1. beim Sport:

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Bugloni z.b. Zollinger	1929	14	ein Anderer sprang im vollen Lauf auf den Rükken, drohender Fall.	C_7
Schute z.b.Frisch	1907	Ø	unglücklicher Absprung beim Bockspringen ohne Sturz	L_3
Henschen	1907	Ø	Langspringen über Bock, beim Aufspringen stark nach rückwärts überbogen	L_3
Henschen	1907	Ø	bei Krickettspielern, stark durchgezogener Schlag	Ø
Rauh			Kugelstoßer u. Speerwerfer	
Ruppauer	1936	Ø	Zwei Skifahrer mit schwerem Rucksack, Sturz nach vorne, reflektorische Überstreckung nach rückwärts	C_7
Thorpe z.b. v. Saar	1907	21	Fußball, Drehung des Oberkörpers bei fixiertem Unterkörper	Th_3

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Zollinger	1923	21	Radfahrer, Sturz nach vorne, Überstreckung nach rückwärts	Th_1
Neugebauer z.b. Cords		20	Sturz vom Schlitten, dabei Riß des Kopfes nach vorne - Zug des lig. nuchae	C_2

2. bei der Arbeit:

Reine Schipperfrakturen

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Bofinger	1933	44	Schaufeln	C_6C_7
"	"	47	"	Th_1
"	"	40	"	C_7
"	"	39	"	Th_1
"	"	28	"	C_7
"	"	48	"	C_7
"	"	34	"	Th_1 Th_2
"	"	36	"	Th_1
"	"	34	"	C_7
"	"	52	"	Th_1
"	"	35	"	Th_1
"	"	26	"	C_7
"	"	36	"	C_7 Th_1
"	"	27	"	Th_1
"	"	ø	"	Th_1
"	"	28	"	C_7 Th_1
Canigiani	1940	45	"	C_7 Th_1
"	"	32	"	C_7 Th_1
"	"	56	"	C_7
"	"	35	"	C_7 Th_1
Frisch	1907	18	"	Th_1
Schulte z.b.Frisch	1907	Soldat		Th_2

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Riedinger	1922	30	Schaufeln	Th_2
Kaspar	1941	25	"	C_7
"	"	36	"	Th_1
"	"	24	"	Th_1
"	"	35	"	C_7
"	"	33	"	Th_2
Lönnerblad	1933	28	"	C_7
"	"	46	"	Th_1
"	"	61	"	C_7
"	"	28	"	C_7
"	"	25	"	C_7
"	"	34	"	C_7
"	"	26	"	C_7 Th_1
"	"	30	"	C_7 Th_1
Ludwig	1936	21	"	C_7
Metge	1934	31	"	Th_1
"	"	42	"	C_7 Th_1
Reisner	1932	39	"	Th_1
"	"	23	"	C_7 Th_1
Steiner	1922	39	"	C_7 Th_1
Volkmann	1939	52	"	C_7 Th_1
Zollinger	1923	22	"	Th_1
"	"	39	"	Th_1

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Zollinger	1923	47	Schaufeln	C_7 Th_1
"	"	23	"	Th_1
Wagner	1932	34	"	Th_1 Th_3
"	"	32	"	
Eigener Fall		41	Schaufeln aus einer Baugrube	C_7

a) Hebearbeit:

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Böhler	1935	35	Wollte schweren Kohlensack heben, rutschte aus, verspürte sofort Schmerz	C_6 C_7
Boss	1929	19	Heben einer zwei Zentner schweren Drehscheibe	Th_1
Cangiani	1940	33	Heben von Randsteinen	Th_1
Goetzel	1923	30	Hochheben von Eisenstangen	Th_1
Hirsch	1924	ø	Abladen einer Kiste	Th_2
Henschen	1907	22	Kippwagen bekam unvermutet Übergewicht, Patient faßte nach	Th_1 Th_2
Kirchmayr	1922	29	Arbeiter zieht Blech rückwärts gehend	Th_1
"	"	26	Aufrichten aus gebückter Stellung, einen Schubkarren hochhebend	Th_1
"	"	ø	Hochheben einer Eisenschiene	Th_1
"	"	21	Hochheben einer Holztreppe aus gebückter Stellung	Th_3
Kaspar	1941	29	Heben einer Karre	C_6 C

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Kaspar	1941	25	Heben	Th_1
"	"	24	"	Th_1
"	"	30	Beim Versuch einen beladenen Erzwagen zu drehen	Th_2
"	"	30	Aufheben eines großen, feuchten Erdbrockens	C_7
Maydl		49	Heben	Th_2
Reisner	1932	47	Wollte Unfall eines aus einem Gleise gesprungenen Kippwagens verhindern	C_7
"	"	47	Aufheben eines Milcheimers	C_7 Th_1 Th
"	"	20	Heben	C_7 Th_1
Schütz	1928	27	Drohender Umfall eines Schubkarrens	Th_1
Wolff	1922	30	Hochheben einer Eisenbahnschiene vom Boden	C_7
Zollinger	1923	22	Heben einer Last mit dorsal flektierter Hand von Brust.- auf Kopfhöhe	Th_1
	"	ø	Heben	C_7 Th_1
"	"	ø	Tragen eines schwankenden Kübels an einer Stange, Fehltritt	C_7 Th_1

Verfasser	Jahr d.Ver-öffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Kaspar	1941	25	Heben	Th_1
"	"	24	"	Th_1
"	"	30	Beim Versuch einen beladenen Erzwagen	

b) Schiebearbeit:

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Boss	1929	15	Schieben	Th_1 Querfts
Canigiani	1940	34	"	Th_1
Kaspar	1941	32	"	Th_1
"	"	32	"	Th_2
"	"	30	"	Th_1
Zollinger	1923	42	Stellte sich mit beiden Händen gegen Rollwagen und wich mit Kopf einem Schaufelstiel aus.	Th_1
"	"	32	Schieben	Th_1
Terrier	Ø	Ø	Lockern, beugen nach vorne	Th_1
Wagner	1932	32	Lockern eines schweren Steines mit der Hacke	C_7 Th_1
Henschen	1907	33	Schleuderbewegung	C_7 Th_1 Th
Küttner z.b. Zollinger	1922	27	Schüttelte Maikäfer vom Baum, Knacks beim Aufrichten	L_4
Lönnerblad	1933	18	Schleuderbewegung	Th_6
"	"	56	Fall nach rückwärts	C_7

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Lönnerblad	1933	39	Aufrichten	C_7
Steiner	1922	24	Kräftiges Ausholen mit der Sense	Th_2
Sauer	1907	20	Tragen	Th_1
"	"	36	Schleudern	Th_3
Torpe z.b. v. Saar		21	Vehemente Drehung eines Fußballspielers	Th_3
Neugebauer z.b. Cords			Unglücklicher Absprung beim Bockspringen	L_3

III. Querfortsatzbrüche

Bei den Brüchen der Querfortsätze, die fast ausschließlich an der Lendenwirbelsäule vorkommen, handelt es sich meist um Rißbrüche (R u g e). Hinsichtlich der Pathogenese erkennt L u d w i g direkte und indirekte Frakturen an. Nach ihm ist eine direkte Fraktur anzunehmen, wenn die von außen einwirkende Gewalt stärker, als die lebendige Kraft des kontrahierten Muskels ist. Falls dagegen der Unfallvorgang deutlich zeigt, daß es sich um eine erhebliche Gleichgewichtsstörung handelt, und daß die Wirbelsäule durch den Unfall nicht direkt betroffen wurde, dann muß als Ursache der Fraktur ein indirekter Muskelzug angesehen werden.

1,) L i n o w fragt sich ob Prellung, Quetschung und Fall, also von außen einwirkende Gewalt die Ursache und nicht nur die Veranlassung, der isolierten Querfortsatzfraktur sind. Dem Eindringen der äußeren Gewalt zwischen unterem Rippenbogen und Darmbeinkamm, in die Rücken.- und Lendengegend stellt sich kein Knochen entgegen, sodaß sie nur den Widerstand der Weichteile überwinden muß um auf die Querfortsätze der Lendenwirbelsäule zu gelangen. Weiter führt L i n o w aus:
" Die Weichteile, die zwischen Haut und Querfortsätzen liegen, sind wohl einige Querfinger dick, aber keineswegs so mächtig, daß sie das Vordringen jeder äußeren Gewalt bis auf die Querfortsätze verhindern können. Sie werden vielmehr in Folge ihrer Elastizität von der vordringenden Gewalt zurück und bei Seite gedrängt, sobald diese eine gewisse Stärke erreicht

hat. Dann wird die Gewalt den ersten und einzigen, knöchernen Widerstand in dieser Körpergegend bei den Querfortsätzen der Lendenwirbelsäule finden. Die Querfortsätze bieten der Gewalt eine gute Angriffsfläche, da sie ziemlich lang und breit und dabei nur dünn sind. Diese schwachen Knochenspangen werden der, bis zu ihnen vorgedrungenen Gewalt keinen sehr großen Widerstand entgegensetzen können, sodaß ein Bruch der Querfortsätze auf diesem Wege, d. h. also durch direkte Gewalteinwirkung durchaus erklärlich ist."

2.) Dieser Meinung L i n o w ' s steht die Meinung von Magnus und anderen entgegen, der wiederum bezweifelt, daß äußere Gewalt einen Bruch am Querfortsatz herbeiführen könnte. Da der Lendenwirbelsäulenquerfortsatz durch die umgebende Muskulatur geschützt wäre vor direkter Gewalteinwirkung. M a g n u s nimmt vielmehr an, daß die auftretende Gewalt eine Kontraktion der Muskulatur im Sinne einer Abwehr bewirkt. Diese Kraftkomponente hat an den Querfortsätzen der Lendenwirbelsäule ihren Ursprung.

Die Muskelkontraktion wird entweder durch Schlag, Stoß usw. reflektorisch bedingt, erklärt, oder man glaubt, daß der Patient instinktmäßig sich durch Zusammenziehen der Muskulatur gegen die äußere Gewalt schützen wolle und hierbei eine zu heftige Muskelkontraktion tätige. (Inkoordinierte Muskelaktion)

Als Erklärung, daß nicht immer die gleichen, oder alle Querfortsätze abbrechen, wird angeführt, daß von jedem Querfortsatz nicht gleich viele und gleich starke Muskelbündel abgehen und, daß die Gewalteinwirkung sehr verschiedenartig sei.

Zur Anatomie führt B ö m i n g h a u s, der auch an die muskuläre Ursache der Abrisse glaubt, an:

" Die an den Querfortsätzen der Lendenwirbelsäule ansetzenden Muskeln, durch deren Einwirken eine Abrißfraktur entstehen kann, sind in der Hauptsache der M. psoas und der M. quadratus lumborum. Der M. psoas meior entspringt mit seiner vorderen Schicht von den Körpern des 12. Brustwirbels und der 4 oberen Lendenwirbel, mit seiner hinteren Schicht von den Querfortsätzen sämtlicher Lendenwirbel. Zwischen beiden Schichten ist der Plexus lumbalis gelegen. Der Muskel hebt zusammen mit dem M. iliacus internus den Oberschenkel ventralwärts, oder wenn dieser fixiert ist, so werden die Lendenwirbelsäule und das Becken nach vorn gezogen, wie dies bei einer Verbeugung geschieht. Der M. quadratus lumborum entspringt vom unteren Rande der 12. Rippe und den Querfortsätzen sämtlicher Lendenwirbel und setzt sich an dem hinteren Teil der Crista iliaca an. Er hebt diejenige Beckenhälfte an der er sich ansetzt, oder wenn das Becken fixiert ist, zieht er die 12. Rippe nach abwärts. So kann er auch beiderseits in Tätigkeit, als Exspirationsmuskel gelten.

Zwischen der 12. Rippe, den Querfortsätzen der Lendenwirbel und den hinteren Teilen der Crista iliaca ist das Ligamentum lumbo costale ausgespannt, welches identisch ist mit dem vorderen Blatt der Fascia lumbodorsalis. Lateralwärts geht es in den M. obligus und M. transversus über. Zu erwähnen sind auch noch die beiden kleinen Muskelgruppen, den M. multifidus spinae und die Mm. intertransversanii. Der erste hat seinen Ursprung an den Gelenk.- und Querfortsätzen der unteren Wirbel und insertiert an den Dornfortsätzen der oberen Wirbel, die zweiten sind zwischen je zwei Querfortsätze angespannt. An den Hals.- und Lendenwirbeln beiderseits doppelt als Mm. intertransversanii mediales und laterales.

3. E r n s t und R ö m m e l t:

Sie weisen weiter daraufhin, daß an jedem Querfortsatz eine innere und eine äußere Muskelgruppe ansetzt. Zu der inneren Muskelgruppe gehören, die Mm. intertransversarii mediales, Mm. multifidi longi dorsales, Mm. rotatores et breves, M. ilio psoas, zu den äußeren der M. quadratus lumborum und den Lendenteil des M. iliacus.

Nach ihrer Meinung stehen beide in einem gewissen funktionellen Gegensatz zueinander. Bei der medialen Gruppe überwiegen Fasern, die schräg verlaufen, die also mit der Dehnung der Wirbelsäule um die Längsachse etwas zu tun haben (transversospinales System), in den äußeren Abschnitten der Querfortsätze kommen nur gerade

z. T. durchgehende Muskelbündel vor, die Rückenstreckung und Seitbeugen vermitteln. (transversocostales System). Unter normalen Verhältnissen arbeiten die Muskelgruppen zusammen, bei plötzlicher Bewegung kann es aber zum Überwiegen der längs und schräg verlaufenden Fasern kommen. Folge ist ungleichmäßige Einwirkung auf die Querfortsätze und unter Umständen Bruch. Bei diesem Entstehungsmechanismus wird häufig nur der eine oder andere Querfortsatz einer Seite abgerissen werden. Rückenstrecker und Dreher setzen nämlich nach den Beobachtungen von E r n s t und R ö m m e l t mit durchaus ungleichen Muskelbündeln an den Knochenspangen an. Eine plötzliche Kontraktion eines Muskels wirkt sich deshalb häufig auch nur an einem der Querfortsätze aus. Es können aber ebenso alle einer Seite, oder so gar beider Seiten (R ö m m e l t) betroffen sein.

B ö m i n g h a u s gibt die Hauptschuld dem Quadratus lumborum. Besonders seine hintere Schicht entspringt von der Crista iliaca und setzt am unteren Rande der 12. Rippe, dem processus transversus L 1 - L 4 an. Er zieht die letzte Rippe nach abwärts und biegt die Lendenwirbelsäule lateralwärts. Die gelenkig verbundene Rippe kann dem Zug des Muskels nachgeben, während die fixierten Querfortsätze bei übermäßig, starkem Zug nur abbrechen können.

Während bei der Fraktur durch äußere Gewalt am häufigsten der Querfortsatz L 3 abbricht, scheinen für die indirekten durch

Muskelzug entstandenen Frakturen die Querfortsätze L 1 und L 2 besonders disponiert zu sein.

Nach B u r c k h a r d t kann beim Entstehungsmechanismus der Querfortsatzbrüche auch eine zweckmäßige Bewegung, die wie bei der Kniescheibenfraktur einen Sturz verhindern soll, vorliegen.

Um z. B. einen drohenden Sturz des Oberkörpers nach rechts abzuwenden, greifen die am linken Lendenwirbelquerfortsatz ansetzenden Muskeln ein. Nun erst löst der nach rechts fallende Oberkörper die Fraktur aus. Es bricht der linke Lendenwirbelquerfortsatz.

R a u h s widerspricht ebenfalls der Meinung von M a g n u s, daß die Querfortsatzfrakturen nur durch Muskelzug entstehen. Nach einer kurzen Schilderung der anatomischen Verhältnisse schuldigt er als auslösendes Moment die Kontraktion des M. quadratus lumborum an, sei es beim Heben schwerer Lasten, turnerischer Übungen oder Sportverletzung in Folge plötzlicher Bewegungsänderung.

4. Zu den <u>Symptomen</u> schildert R a u h s:
Das Gehen ist in den ersten Tagen nur mühsam möglich, es besteht eine starke, schmerzhafte Behinderung der Rumpfneigung nach der gesunden Seite. (P a y r ' s c h e s S y p m t o m). Nebenher finden sich noch Zwangshaltungen der Wirbelsäule, Schmerzen beim gleichseitigen Heben des Beines. Falls mehrere Querfort-

sätze derselben Seite betroffen sind, kann man bei Rumpfbeugen nach vorne eine Abflachung des sakrolumbalen Wulstes dieser Seite (Hoffmann'sches Symptom) feststellen. M a g n u s erwähnt, daß auch das Trendellenburg'sche Zeichen positiv ist, d. h. beim Stehen auf dem kranken Bein, sinkt die gesunde Seite abwärts.

5. Komplikationen:

B ö m i n g h a u s beschreibt als Komplikationen: Parästhesien in Kreuzbein und Gesäßgegend (Rami lumbales posteriores), reflektorische Darmlähmungen in Folge von retroperitonealen Hämatomen, Hämaturien bei Anspickung der Niere durch abgebrochene Querfortsätze. Atemstörungen durch Verletzung des lumbalen Zwerchfellansatzes sind ebenfalls beobachtet worden.

Als Fehldiagnose kommen in Frage, [illegible], Ischias, Nierenleiden. Selbst bei der Röntgendiagnostik sind Fehldeutungen häufig: Nierenstein (Dislokalisation von Bruchstücken), sekundäre, terminale Ossifikation bei Jugendlichen, Persistierende Epiphysenhornien, Lendenrippen.

6. Ein Grund für die schwere Deutbarkeit der Röntgenbilder ist in den verschiedenen, bekannten Fehlformen der Querfortsätze zu suchen.

Der Processus transversus besteht entwicklungsgeschichtlich aus zwei Anlagen:

Lendenrippe und eigentliche Querfortsatzanlage. Falls der Rippenanteil eine übermäßige Rückbildung erfährt, kommt es zur sogenannten abgehackten Form (R a u h s), was jedoch fast nur bei den ersten beiden Lendenwirbeln vorkommt.

Weiterhin gibt es sogenannte Lendenrippen bei denen es sich um, durch eine Gelenklinie getrennte Fortsätze handelt. Man unterscheidet verschiedene Formen:

1. Die thorakale Form, bei der eine Vollrippe zur Ausbildung gelangt (Köpfchen, Hals und Körper)
2. Die lumbale Form, bei welcher Hals und Köpfchen fehlen.
3. Die sogenannte Querfortsatzanomalie, bei der eine Gelenklinie, die den Processus costotransversarius, den Rippenrest und den Processus accessorius vom Rippenbogen trennt, besteht.
4. Die Lücke im Processus transversarius, das sogenannte Foramen transversarium.

Eine Arthritis der gelenkigen Verbindung zwischen Lendenwirbel und Querfortsatz kann sehr leicht eine Fraktur vortäuschen. Auch muß man bei der Beurteilung des Röntgenbildes, die zwischen dem 16. und 20. Lebensjahr auftretenden Spätapophysen berücksichtigen.

Inwieweit es sich bei den in der Literatur beschriebenen Fälle um Anomalien dieser Art handelte, ließ sich leider nicht feststellen. Eine Fehlerquelle in dieser Richtung ist jedoch möglich.

3. Typische Unfallereignisse, die zu Querfortsatzfrakturen führten.

I. Beim Sport:

B ö m i n g h a u s: 1. Fall

" Der Patient gab an, bei einem Kopfsprung von einem Sprungbrett ins Wasser die Wirbelsäule ruckartig durchgebogen zu haben und dabei auf der rechten Seite in der Nierengegend einen stechenden Schmerz von mäßiger Intensität empfunden zu haben. Er habe weiterschwimmen können, hatte aber dann besonders beim Brustschwimmen zunehmende Schmerzen rechts unter dem Rippenbogen verspürt..... ."

B ö m i n g h a u s: 2. Fall

Der Patient hing an der Kletterstange und wollte mit einem Ruck in Fahnenstellung gehen, dabei verspürte er einen heftigen Schmerz in der rechten Flanke, als ob etwas gerissen sei .....

B ö m i n g h a u s: 3. Fall

Ein 16 jähriger Patient kam wegen anhaltender Nierenschmerzen zur Untersuchung. Er gab an, daß er einige Monate zuvor beim Turnen vom Gerät gestürzt sei. Bereits im Fallen habe er eine nicht näher zu ermittelnde, plötzliche Körperdrehung gemacht, bei der er einen deutlichen Schmerz in der Nierengegend verspürte, er schlug dann nur mit Händen und Füssen am Boden auf... In allen Fällen zeigte die Röntgenuntersuchung einen Abriß der Querfortsätze L 1 und L 2.

S t e i n e r:

Ein 21 jähriger Patient schilderte folgenden Unfallhergang: Nach einem nur acht Meter weitem Skisprung, bei dem er schräg abgekommen war und den er durch Ruderbewegungen auszugleichen versuchte, landete er unsicher, jedoch ohne Sturz. Er ging dabei fast nicht in die Kniee. Bei der Landung verspürte er sofort einen intensiven Schmerz im Rücken. Er ging zu Fuß nach Hause. Da sich die Schmerzen nach vier Tagen Bettruhe nicht besserten, suchte er die Klinik auf. Das Röntgenbild ergibt eine Abrißfraktur der äußeren Enden der linken Querfortsätze des 8. und 9. Brustwirbels.

II. Bei der Arbeit

H o f f m a n n:

Es handelt sich um einen 34 jährigen Gärtner ohne pathologischen Befund. " Vor drei Wochen bekam der Patient, als er einen mit Dung schwer beladenen, einrädrigen Karren auf schlechtem, gefrorenem Boden energisch vorwärtsschieben wollte, plötzlich einen überaus heftigen, stechenden Schmerz im Kreuz, sodaß er sich nicht mehr in die Höhe richten konnte. Zehn Minuten mußte er still sitzen und konnte sich dann auch noch nicht bücken, wenn er etwas aufheben wollte, sondern er mußte dabei mit geradem Rücken in Kniebeuge gehen. Der Patient konnte keine Arbeit mehr verrichten und mußte sich schließlich 14 Tage nach dem Unfall zu Bett legen ....."

Röntgenbefund: Querbruch an der Basis des Lendenwirbelquerfort-

satzes mit Abknickung des Fragments nach oben.

E r n s t und R ö m m e l t: Fall 1

50 jähriger Schmied wirft beim Zuschlagen mit einem schweren Eisenhammer den Oberkörper mit einem plötzlichen, kräftigen Ruck zurück, dabei empfindet er einen stechenden Schmerz in der Lendengegend.

Röntgenbefund: Querfortsatzbruch des 1. Lendenwirbelquerfortsatzes rechts.

Fall 2

Ein 40 jähriger Hilfsarbeiter will einen verklemmten, schweren Deckel mit einem Ruck hochreißen, dabei verspürt er einen Riß im Kreuz.

Röntgenbefund: Querfortsatzbruch des 3. Lendenwirbels.

Fall 3

Ein 36 jähriger Beamter rutschte beim Eisschießen aus, um einen Sturz zu verhindern, reißt er den Oberkörper mit aller Wucht zurück. Dabei fühlt er einen stechenden Schmerz in den Flanken.

Röntgenbefund: Bruch des 3. Lendenwirbelquerfortsatzes links.

Eigener Fall aus der Chirurgischen Universitätsklinik München: "Beim Transport eines Zimmerofens zu dritt über eine Kellerstufe verlagerte sich die ganze Last des Ofens plötzlich ganz auf den Patienten. Er verspürte einen heftigen Schmerz in der Lendengegend links und konnte sich nicht aufrichten."

Röntgenbefund:" Der Querfortsatz des 5. Lendenwirbels links erscheint in seiner Längsrichtung gespalten. Das obere Fragment ist nach cranial abgespreizt, Fraktur des Querfortsatzes des 5. Wirbelkörpers links."

II. Querfortsatzbrüche

1. Sport:

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Böminghaus	1928	28	Schwimmen, Kopfsprung, ruckartiges Hohlkreuz	Ø
"	"	26	Hängen an der Kletterstange, ruckartiges Überwechseln in Fahnenstellung	Ø L_1 -
"	"	16	Turnen, Überdehnung während des Falles nach rückwärts	Ø
Steiner	1922	21	Skisprung, stabilisieren eines schiefen Sprunges ohne Sturz	Th_8 Th_9
Becker z.b. Cords	1934	Ø	Turnen, vom Gerät gestürzt	Ø

2. Arbeit:

Hofmann	1909	34	Schieben	L_5
Wagner	1932	41	Ausrutschen	L_2
"	"	26	Sturz	L_1 L_2
(Wiebeck	-	-	26 Fälle Verheben	-)
Ernst u. Römmelt	1932	50	Zurückreißen des Oberkörpers	L_1
"	"	40	Heben	L_4

Verfasser	Jahr d. Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
Ernst u. Römmelt	1932	36	Sturz	L_3
Wagner	1932	41	Ausrutschen	L_2
"	"	26	Sturz	L_1 L_2
Boss	1929	15	Schieben	Th_1 + DF
Haglund	1908	42	Verstreckung beim Radfahren	L_3
"	"	47	Aufheben eines Kindes	L_2
Meyer	1915	44	Überstreckung des Oberkörpers	L_3
Schießl	-	-	Heben	$L_{2, 3, 4}$
Fränkel	1928	-	Heben	$L_{2, 3}$

IV Frakturen der Wirbelkörper

Es ist vielfach bestritten worden, daß eine gesunde Wirbelsäule lediglich durch Muskelzug, durch eigene Muskelwirkung brechen könnte. B ä c k e r weist auf eine Beobachtung von Tierärzten hin, daß junge, kräftige Hengste bei der Beschälung gelegentlich Hals.- oder Brustwirbelkörper spontan brechen, ohne daß eine andere Kraft als eigene Muskelkraft als auslösender Faktor angeschuldigt werden kann. Ähnliche Frakturen der Wirbelkörper sind beim Tetanusanfall, zu einer Zeit als Patienten noch nicht relaxiert werden konnten, beschrieben worden.

1) A d i b C h a s i n schildert den Fall eines 26 jährigen Arztes, der eindeutig röntgenologisch gesichert ist. Das knakkende Geräusch während eines Anfalles wurde vom Patienten und anwesenden Angehörigen gehört. Es kam zur Kompressionsfraktur des 6. und 7. Brustwirbelkörpers.

Als verantwortlich für den Bruch schuldigt B ä c k e r in erster Linie zwei Muskelgruppen an, die auf die Wirbelsäule als Antagonisten einwirken. Die Rückenstrecker versuchen die Wirbelsäule zu strecken, während gleichzeitig die Muskeln der Vorderseite sie beugen wollen. Im Brustteil ist die an und für sich starke Streckmuskulatur dadurch, daß sie der konvexen Seite der Wirbelsäule dicht aufliegt und deshalb nur an einem kurzen Hebelarm wirkt, der vorderen Muskulatur mit ihrer großen Hebelwirkung, mehr oder minder unterlegen.

Die Folge ist, daß im allgemeinen Tetanusanfall die Brustwirbelsäule eher gekrümmt, als gestreckt wird, d. h. durch den Zug beider Antagonisten werden die Wirbelkörper gegeneinandergedrängt und die Gelenkfortsätze entsprechend entlastet. Etwas anders ist es im Hals.- und Lendenwirbelteil. Hier greift die Streckmuskulatur, wie die gespannte Sehne eines Pfeilbogens auf der Konkavseite an und hat somit ein günstigeres Arbeitsmoment als die Streckmuskulatur der Brustwirbelsäule. Die Lordose wird verstärkt, die Wirbelkörper, dabei entlastet und der ganze Druck der Antagonisten liegt auf den Gelenkfortsätzen und auf der hinteren Kante der Wirbelkörper, d. h. einmal sind im Brustteil die Wirbelkörper, andererseits im Hals und im Lendenteil die Gelenkfortsätze und hinteren Teile der Wirbelkörper besonders beansprucht.

2.

Wirbelkörperfrakturen durch Tetanus gelten allgemein als gesichert. Im Modell seien jetzt die Beuger der Wirbelsäule, also die vorderen Muskelanteile ersetzt durch eine andere Kraft von außen, so z. B. durch eine zu hebende Last. Es ändert sich zunächst an der Statik der Knochenbelastung nichts. Gesteht man nun der Belastung noch eine unkoordinierte Aktion, oder eine über das zweckmäßige Maß hinausgehende Kontraktion, aus einer unphysiologischen Haltung zu, so kann man sich vorstellen, daß es zur Fraktur von Wirbelkörpern kommen kann. Tatsächlich ergab die Durchsicht der Fälle von Wirbelkörperfrakturen an der Chirurgischen Universitätsklinik München, solche Unfälle, die eindeutig auf Muskelzug zurück zu führen

sind.

1. Fall aus der hiesigen Klinik:

Patient, Karl Prem:
Er berichtet: " Ich geriet mit dem Wagen auf Glatteis so unglücklich in ein Loch, daß ich nicht mehr herausfahren konnte. Ich mußte mir Männer herbeiholen, um den Wagen heraus zu heben. Wir packten den Wagen zu dritt von hinten , um den Wagen seitlich aus dem Graben zu heben. Die beiden Männer standen rechts von mir. Beim Hochheben stand ich mit dem linken Fuß etwas tiefer. Als wir nun alle drei den Wagen mit einem Ruck anhoben, gab es mir im Rücken einen Riß, und ich brach zusammen. Es war mir zunächst nicht möglich zu gehen oder zu stehen. Nach einiger Zeit jedoch konnte ich mich unter großen Schmerzen wieder ans Steuer setzen." Er arbeitete zunächst weiter, da die Schmerzen sich verstärkten, suchte er am 8. 2. 1954. einen Arzt auf. Es wurde ein frischer Stauchungsbruch des 4. Lendenwirbelkörpers mit Absprengungen am 5. Lendenwirbelkörper festgestellt.

Auf Grund der vorliegenden Röntgenbilder besteht nach
P l a t e kein Zweifel, daß ein frischer Stauchungsbruch des 4. Lendenwirbelkörpers vorliegt, also ein typischer posttraumatischer Zustand.

3. Um entscheiden zu können, ob die verantwortlich gemachte Tätigkeit als Ursache der Verletzung angesehen werden kann, ist die

Klärung folgender Fragen notwendig:

1. Ob Wirbelbrüche überhaupt nach leichten Traumen auftreten.
2. Ob im vorliegenden Fall nicht irgendwelche unfallfremde Veränderungen, als wesentliche Teilursache des Wirbelbruches in Frage kommen.

Zur Entscheidung der ersten Frage zitiert P l a t e, J u n g h a n s.

Während man früher zu der Ansicht neigte, daß nur ausgesprochen schwere, traumatische Einflüsse Wirbelkörperbrüche in der bisher geschilderten Form hervorrufen können, sind in den letzten Jahren zahlreiche Fälle mitgeteilt worden, bei denen in Folge eines geringfügigen Traumas ein vorher gesunder Wirbelkörper zusammenbrach. Das Stoßen des fahrenden Autos (W e i ß), das Butterwaage spielen von Kindern (M u l l), Kopfsprung ins Wasser (v. S a a r), einfache Turnübungen beim Militär (B a l d e n i u s), schwimmen und gymnastische Übungen (H e l l n e r), leichte Autounfälle (S c h n e i d e r), Abwehrbewegungen (H a m m o n d), Drehbewegungen beim Diskuswerfen (D a h l). Verhebungsbruch am 5. Lendenwirbelkörper (F e i n e n) und andere leichte, traumatische Schäden (J ä g e r, D e c h n e r, R u g e) können genügen, um Wirbelbrüche hervorzurufen.

Es kann jedoch einschränkend gesagt werden, daß Wirbelbrüche

nur dann vorkommen, wenn eine Unterbrechung, oder Fehlsteuerung des in die Rückenmuskulatur geschickten Willensimpulses vorliegt, wodurch völlig ungewöhnliche, statische Verhältnisse eintreten, die ungenügende, muskuläre Abfederung, oder außergewöhnliche, der fließenden Bewegung entgegenwirkende Feststellung einzelner Wirbel oder Wirbelgruppen bedingen. Es ist außerdem ein häufiger Befund, daß Schmerzen und Lähmungserscheinungen nach Wirbelsäulentraumen oft erst eine geraume Zeit nach dem Trauma auftreten. Vielleicht kommt dies zu Stande, wenn die zunächst fest zusammengekeilten Bruchstücke sich später durch eine unvorsichtige Bewegung gegeneinander verschieben, oder durch ein sich entwickelndes Hämatom auseinander gedrückt werden."

Nach den Befunden eines Röntgengutachters war im vorliegenden Fall einerseits eine bestehende Osteoporose nicht so ausgeprägt, daß ihr die Schuld an dem Bruche zur Last gelegt werden könnte, andererseits war der Unfall geeignet eine Fraktur des Wirbelkörpers hervorzurufen; im vorliegenden Fall besteht kein Zweifel an der unfallbedingten Entstehung des Bruches. Dies wird noch leichter verständlich, wenn man bedenkt, daß beim Heben aus gebückter Stellung die Lendenlordose ausgeglichen wird und sich nahezu in eine Kyphose wandelt. Dabei ist der Bruchmechanismus wirksam, der bei den Kompressionsfrakturen an der Brustwirbelsäule bei Tetanus beschrieben wurde.

4. Weitere Fälle aus der Chirurgischen Universitätsklinik München

2. Fall: Neuner Alfred, geb. 24. 9. 1918.

Der Patient versuchte eine 106 kg schwere Papierrolle mit einem gewaltigen Ruck seines Körpers, aus gebückter Stellung vom Boden hochzuheben, in der Bewegung spürte der Patient ein Knacken im Kreuz, das sofort mit starken Schmerzen und Übelkeit einherging. Er begab sich sofort zum Ambulatorium.

Röntgenologisch wurde bei dem sonst anamnestisch und soweit klinisch beurteilbar, gesunden Patienten eine Kompressionsfraktur des 12. Brustwirbelkörpers festgestellt.

3. Fall: Streng Josef, geb. 5. 8. 1916.

Der Patient trug einen schweren Kartoffelsack auf der Schulter. Mit diesem Sack blieb er hängen, dabei wurde der Rumpf nach rechts verdreht. Mit einer ruckartigen Bewegung verhinderte der Patient ein Herabfallen des Sackes; dabei fühlte er einen plötzlich einschießenden Schmerz in die untere Brustwirbelsäule. Die nächsten drei Tage war der Patient beschwerdefrei, nach drei Tagen jedoch traten Schmerzen auf, die in ihrer Intensität langsam zunahmen.
Befund: Kein Klopfschmerz, Teilstarre des unteren Psoas, wahrscheinlich infolge muskulärer Verspannung, deutlicher Druckschmerz paravertebral.

Der Röntgenbefund ergab eine Fraktur des 10. Brustwirbelkör-

pers bei einer mäßigen, altersentsprechenden Osteoporose.

4. Fall: Dyskszak Helmut, geb. 22. 10. 1947.

Der Patient war nach einer Fingerverletzung an sehr schwerem Tetanus erkrankt. Neben hypoxämischer Hirnschädigung wurde eine Fraktur in Form von Einbrüchen der Deckplatte des 5. und 6. und auch des 7. Wirbelkörpers angenommen. Die Untersuchung ergab lediglich eine eindeutige Höhenminderung mit verstärkter Kyphose in diesem Bereich. Die Röntgenbefunde vom 24. 10. bis 8. 11. 1962. zeigen Erscheinungen, die mit großer Wahrscheinlichkeit für eine ziemlich frische Wirbelfraktur des 5., 6. und auch 7. Brustwirbelkörpers sprechen. Auch ein ursächlicher Zusammenhang mit der vorher durchgemachten Tetanuserkrankung erscheint sehr wahrscheinlich, da keine Anhaltspunkte vorliegen, daß irgendein anderes Ereignis zu diesen Wirbelbrüchen geführt hat.

5. Fall: Josef Koller, geb. 10. 10. 1907.

Der Patient wollte mit zwei anderen Arbeitern einen ausgesprungenen Rollwagen wieder in die Schienen heben. Er verspürte dabei plötzlich ein Knacken im Rücken und mußte die Arbeit einstellen. Die etwa fünf Wochen nach diesem Ereignis gemachten Röntgenbilder zeigen einen Bruch des 4. Lendenwirbelkörpers. Vom untersuchenden Arzt wurde eine Hyperflexionsfraktur des 4. Lendenwirbelkörpers festgestellt, die durch ein Verhebungstrauma bedingt, interpretiert wurde.

Drei weitere Fälle wurden von Professor P ö s c h l beobachtet.

In einem Fall will ein 49 jähriger Hilfsarbeiter einen Korb mit Bremsbacken für Eisenbahnwaggons hochheben. Mit Schwung will er den Korb, von dem er irrtümlich annimmt, er sei leicht, vom Boden hochheben. Mit gegrätschten Beinen steht er vor dem Korb. In dem Augenblick, in dem er den Korb vom Boden abheben will, verspürt er Schmerzen in der Lendenwirbelsäule, die ihn zum Unterbrechen der Tätigkeit zwingen. Die Röntgenaufnahme zeigt eine Fraktur des 4. Lendenwirbelkörpers. Außerdem sah Professor P ö s c h l noch zwei weitere Lendenwirbelkörperfrakturen, beim Versuch ein Förderband mit einem Gewicht von über 50 kg zu heben und beim Versuch einen unhandlichen Eisenkübel mit einem Gewicht von 50 - 70 kg zu heben. Die muskuläre Ursache dieser Fraktur ist ebenfalls gesichert.

III. Wirbelkörper:

Verfasser	Jahr d.Veröffentlichung	Alter d. Patienten	Unfallhergang	betroffener Wirbel
1. Sport:				
Schede	1899	(jung)	Schwimmen: Sprung in das Wasser, zurückreißen des Kopfes beim Sprung	Längsfraktur C_5
Strauss z.b. Cords	Ø	30	Schwimmen ohne weitere Angabe	erbsengroße Stück aus C
Wirbelkörperfrakturen bei Tetanus:				
Bäcker	1927	15		Th_4 Th_5
Scharisch		16		Th_5
"		17		Th_{5-8}
"		31		Th_5
Adib Chasir	1932	26		Th_5 Th_6 Th_7
Eigene Fälle:				
		54	Verrutschen einer Last auf dem Rücken	Th_{10}
		65	Beim Tragen eines Sackes ausgerutscht (ohne Sturz)	Kompressionsfraktur Th_{11} Th_{12}
		22	Tetanuskrämpfe nach Fingerverletzung	$Th_5Th_6Th_7$
		62	Heben eines Rollwagens in die Schienen	L_4
		51	Heben eines auf Glatteis hängengebl. Autos	L_4 L_5Kant
		52	Heben einer Papierrolle.	Th_{12}

Statistische Auswertung der beschriebenen Fälle

Anzahl der beschriebenen Fälle:	104	100%
1. Dornfortsatzabrisse beim Sport:	9	8, 65%
2. bei der Arbeit:		
a) Schaufeln aus einer Baugrube:	49	47, 12%
b) Heben und schieben:	46	44, 23%

Dornfortsatzabrisse:

1. beim Sport:

betroffener Wirbel:

C_2 =	1 Fall	0, 96%
C_7 =	2 Fälle	1, 92%
Th_1 =	1 Fall	0, 96%
Th_3 =	1 "	0, 96%
L_3 =	2 Fälle	1, 92%

2. beim Schaufeln: (Schipperfraktur)

betroffener Wirbel:

C_6 =	1 Fall	0, 96%
C_7 =	28 Fälle	26, 92%
Th_1 =	28 "	26, 92%
Th_2 =	4 "	3, 85%
Th_3 =	1 Fall	0, 96%

mehrfach befallen:

C_6 C_7 =	1 Fall	0,96%
C_7 Th_1 =	13 Fälle	12, 5%
Th_1 Th_2 =	1 Fall	0, 96%
Th_1 Th_3 =	1 "	0, 96%
C_7 Th_2 =	1 "	0, 96%
		16, 35%

3. beim Heben:

betroffener Wirbel:				mehrfach befallen:			
C_6	=	2 Fälle	1, 92%	C_6 C_7	=	2 Fälle	1, 92%
C_7	=	11 Fälle	10, 58%	C_7 Th_2	=	1 Fall	0, 96%
Th_1	=	17 "	16, 35%	Th_1 Th_2	=	4 Fälle	3, 85%
Th_2	=	6 "	5, 77%	C_7 Th_1 Th_2	=	1 Fall	0, 96%
Th_3	=	1 Fall	0, 96%				7, 69%

4. beim Schieben:

betroffener Wirbel:				mehrfach befallen:			
C_7	=	4 Fälle	3, 85%	C_7 Th_1	=	1 Fall	0, 96%
Th_1	=	12 "	11, 54%	C_7 Th_1 Th_2	=	1 "	0, 96%
Th_2	=	3 "	2, 88%				
Th_3	=	1 Fall	0, 96%				
Th_6	=	1 "	0, 96%				
L_4	=	1 "	0, 96%				

Altersverteilung der betroffenen Patienten:

1. beim Sport:

Alter d. Pat.	betr. Wirbel
10 - 15	C_7
20 - 25	C_2 Th_1 Th_3

2. bei der Arbeit:

a) beim Schaufeln:

Alter d. Patienten	C_6	C_7	Th_1	Th_2	Th_3	Anzahl d.Fälle	%
15 - 19			1			1	0, 96
20 - 25		4	3	1		8	7, 69
26 - 30		4	3	1		8	7, 69
31 - 35		5	6	2	1	14	13, 46
36 - 40		3	7			10	9, 6?
41 - 45	1	4	2			7	6, 73
46 - 50		2	2			4	3, 85
51 - 55		1	1			2	1, 92
56 - 60		1				1	0, 96
61 - 65		1				1	0, 96

b) beim Heben und beim Schieben:

Alter d. Pat.	C_6	C_7	Th_1	Th_2	Th_3	Th_6	L_4	Anzahl d. Fälle	% Sch.	% H.	%ges
15 - 20		3	5			1		9	2,88	5,77	8,6
21 - 25			5	2	1			8	0,96	6,73	7,6
26 - 30	1	3	6				1	11	2,88	7,69	10,
31 - 35	1	3	6	3				13	8,65	3,85	12,
36 - 40		1	1	1				3	2,88	-	2,8
41 - 45			1					1	0,96	-	0,9
46 - 50		2	1	2				5	-	4,81	4,8
51 - 55								-	-	-	-
56 - 60		1						1	0,96	-	0,9

Altersverteilung der betroffenen Patienten:

1. beim Sport:

Alter d. Pat.	betr. Wirbel
10 - 15	C_7
20 - 25	C_2 Th_1 Th_3

2. bei der Arbeit:

a) beim Schaufeln:

Alter d. Patienten	C_6	C_7	Th_1	Th_2	Th_3	Anzahl d.Fälle	%
15 - 19			1			1	0, 96
20 - 25		4	3	1		8	7, 69
26 - 30		4	3	1		8	7, 69
31 - 35		5	6	2	1	14	13, 46
36 - 40		3	7			10	9, 62
41 - 45	1	4	2			7	6, 73
46 - 50		2	2			4	3, 85
51 - 55		1	1			2	1, 92
56 - 60		1				1	0, 96
61 - 65		1				1	0, 96

b) beim Heben und beim Schieben:

Alter d. Pat.	C_6	C_7	Th_1	Th_2	Th_3	Th_6	L_4	Anzahl d. Fälle	% Sch.	% H.	%ges.
15 - 20		3	5			1		9	2,88	5,77	8,65
21 - 25			5	2	1			8	0,96	6,73	7,69
26 - 30	1	3	6				1	11	2,88	7,69	10,57
31 - 35	1	3	6	3				13	8,65	3,85	12,50
36 - 40		1	1	1				3	2,88	-	2,88
41 - 45			1					1	0,96	-	0,96
46 - 50		2	1	2				5	-	4,81	4,81
51 - 55								-	-	-	-
56 - 60		1						1	0,96	-	0,96

Querfortsatzbrüche

Anzahl der Fälle:

Sport: 5

bei der Arbeit: 15

betroffene Wirbel:

L_1 = 6 Fälle

L_2 = 8 "

L_3 = 5 "

L_4 = 2 "

Th_1 + Dornfortsatz = 1 Fall

Th_8 Th_9 = 2 Fälle

Altersverteilung:

15 - 20 = 2 Fälle

21 - 25 = 1 Fall

26 - 30 = 3 Fälle

31 - 35 = 1 Fall

36 - 40 = 2 Fälle

41 - 45 = 4 "

46 - 50 = 2 "

Keine deutliche Altersdisposition

Wirbelkörper

Anzahl der Fälle: 13

betroffene Wirbel:

C_5 = 2 Fälle

Th_2 = 1 Fall

Th_5 = 5 Fälle

Th_6 = 2 "

Th_7 = 3 "

Th_8 = 1 Fall

Th_{10} = 1 "

Th_{11} = 1 "

Th_{12} = 2 Fälle

L_4 = 2 "

L_5 = 1 Fall

Wirbelkörper:

Altersverteilung:

15 - 20	=	3 Fälle
21 - 25	=	1 Fall
26 - 30	=	2 Fälle
31 - 35	=	1 Fall
36 - 40	=	-
41 - 45	=	-
46 - 50	=	-
51 - 55	=	3 Fälle
56 - 60	=	-
61 - 65	=	2 Fälle

Jüngere Patienten scheinen bevorzugt zu sein.

Diskussion

Von der häufigsten Frakturart, dem durch ein Trauma verursachten Knochenbruch sind die Ermüdungsfraktur und die Muskelzugfraktur am nicht vorgeschädigten Knochen zu unterscheiden.

Ermüdungs - oder Erschöpfungsbrüche sind Uberlastungsschäden, die aus einem Mißverhältnis zwischen Belastbarkeit und Belastung des Knochens entstehen, in der Technik und Werkstoffmechanik bekannte Erscheinungen.

Der Ermüdungsbruch des lebenden Knochens kommt durch Materialzerrüttung und Auflösung an den Belastungs- und Spannungsspitzen des Knochens zustande, also dort, wo sich die Beanspruchung am stärksten auswirkt. Diese Stellen sind an den einzelnen Knochen aus der Erfahrung bekannt und auch experimentell ermittelt.

Die umschriebene Zerrüttung der Knochenmaterie (Materialermüdungsbruch H e n s c h e n) wird durch Belastungen ausgelöst, die einzeln zwar geringfügig sind, aber dadurch schädigend wirksam werden, daß sie sich in kurzen Zeitabständen im Rhythmus der Arbeit oder sonstigen körperlichen Tätigkeiten wiederholen.

Gegen diese Theorie sprechen die Schwingungsversuche am Knochen von K ü n t s c h e r und die Beobachtungen M a t t h e s, die

den 20. bis 45. Arbeitstag als kritische Zeit für das Auftreten von Dornfortsatzbrüchen angeben.

Die Zerrüttung der Knochensubstanz soll sich einmal bei ungewohnter Arbeit innerhalb einer Arbeitsschicht abspielen. (akute Ermüdungsfraktur)

Erstreckt sich die Überbelastung über längere Zeit, so reagiert der Knochen mit durch Knochenneubildung bedingten Umbauvorgängen, welche die Abstützung des sich anbahnenden, schleichenden Knochenbruches (schleichende Ermüdungsfraktur) bezwecken.

In vielen Fällen wird es sich um ein geringfügiges Trauma handeln, das nicht in der Lage ist die Fraktur eines gesunden Knochens herbeizuführen. Das angeschuldigte Ereignis stellt hier nur die Gelegenheitsursache dar. (H ä b l e r)

Im Einzelfalle läßt sich bei der ersten akuten Art des Ermüdungsbruches, ein Arbeitsunfall im Sinne eines Überanstrengungstraumas als wesentlich mitwirkende Teilursache qualifizieren. Röntgenologisch bietet sich dann der typische Aspekt der traumatischen Fraktur. Die zutreffende Bewertung kann bei solchen Geschehnisabläufen nur gefunden werden aus der Kenntnis der vorangegangenen körperlichen Leistungen (Art der Beschäftigung, Berufsanamnese) und vor allem der Lokalisation des Bruches.

Die Untersuchungen zeigen, daß die gleichen Mechanismen, die zu einem Überlastungsschaden führen können, unter Umständen

ausreichen eine Fraktur an einem nicht geschädigten Knochen zu verursachen. Auslösende Faktoren sind hier überdosierte Muskelaktionen. Der Mensch lernt aus Erfahrung die Kraft abzuschätzen, die zum Verrichten einer bestimmten Arbeit notwendig ist. Es ist das Spiel von Kraft und Gegenkraft, das unsere Bewegungen steuert. Eine Störung dieses Kräftespieles, eine Störung der Koordination kann zur Fraktur der Knochen führen. Der Knochen ist umso mehr gefährdet, je heftiger und schneller die Bewegungen geschehen. Eine einseitige, asymmetrische Belastung wirkt durch Biege- oder Scherkräfte, quer zum Trabekelsystem, das in seinem Aufbau am ehesten mit einer Eisenkonstruktion z. B. einer Brücke vergleichbar ist. Diese einseitigen Belastungen begünstigen die Fraktur, besonders dann, wenn sie aus unphysiologischer Stellung und Haltung erfolgen.

Frakturen durch Muskelzug am nicht vorgeschädigten Knochen sind möglich. Sie wurden in dieser Arbeit besprochen an den Dornfortsätzen, Querfortsätzen und Wirbelkörpern.

Zusammenfassung

Es wurden aus der Literatur 137 Fälle von Muskelzugfrakturen an der Wirbelsäule zusammengetragen. Davon 104 Dornfortsatzfrakturen, 20 Querfortsatzfrakturen und 7 Wirbelkörperfrakturen. Zu diesen Wirbelkörperfrakturen wurden noch 6 aus dem Krankengut der Chirurgischen Universitätsklinik hinzugefügt.

Neben einer kurzen Erinnerung an die anatomischen Besonderheiten im Bereich der Frakturen, wurde ausführlich die Meinung verschiedener Autoren zum Bruchmechanismus gegenübergestellt.

Es konnte nachgewiesen werden, daß derselbe Bruchmechanismus, der an den Dornfortsätzen zur Schipperfraktur führt, durch eine einmalige Muskelaktion, Dornfortsätze brechen kann. Die Lokalisation ist die gleiche, wie bei der echten Schipperfraktur, nämlich im Bereich der unteren Hals- und oberen Brustwirbelsäule. In beiden Fällen liegt das dafür kritische Alter der Patienten um 30 Jahre.

Von den beschriebenen 104 Dornfortsatzabrissen fallen

49 in den Bereich der Schipperfraktur

46 geschahen bei Hebe- und Schiebearbeit (nachweislich keine Ermüdungsbrüche)

9 beim Sport

Für die Querfortsätze konnte keine deutliche Altersdisposition der Betroffenen nachgewiesen werden. Die Abrisse erfolgen fast

nur beim Heben aus gebückter Stellung oder extremen Überbiegen nach rückwärts, wobei die Frakturen hauptsächlich an den oberen Lendenwirbeln auftreten. Die Fraktur eines Dorn- und Querfortsatzes gleichzeitig ist nur in einem Fall beschrieben.

Für Frakturen der Wirbelkörper konnte weder ein besonders bevorzugtes Alter, noch eine besonders bevorzugte Lokalisation angegeben werden, jedoch scheint eine gewisse Disposition für Patienten um 20 vorzuliegen, bei einer Hauptlokalisation im mittleren bis unteren Drittel der Brustwirbelsäule. Auch bei der Auswahl dieser Gruppe wurde auf die rein muskuläre Genese der Frakturen geachtet, wobei Fälle ausgeklammert wurden bei denen nicht eindeutig erwiesen war, daß keine die Knochenfestigkeit vermindernden Fakten, wie z. B. Osteoporose u. a. vorlagen.

Als Faktoren, welche das Zustandekommen einer Muskelzugfraktur begünstigen, konnten ermittelt werden:

1. Ein Mißverhältnis zwischen Muskelstärke und Knochenfestigkeit, z. B. im Sinne einer Arbeitshypertrophie verschiedener Muskelanteile.
2. Kraftanstrengungen aus unphysiologischen Körperhaltungen.
3. Einseitige oder wenigstens asymmetrische Bewegungen
4. Abrupte, unkoordinierte, in der benötigten Kraft nicht richtig dosierte Bewegungen.

LITERATURVERZEICHNIS

Adib Chasin: Veränderungen der Wirbelsäule nach Tetanus. Fortschr. Röntgenstr. 46 (1932): 427

(Arnold: Lehrbuch der Sportmedizin. Leipzig 1960)

Asal: Überlastungsschäden am Knochensystem bei Soldaten. Arch. Klin. Chir. 186 (1936): 511

(Ascher: Arch. f. Orthop. (1923): 499)

Bäcker: Wirbelfraktur bei Tetanus. Bruns Beitr. 138 (1927): 555

Baetzner: Pathologie der Funktion. Arch. Klin. Chir. (1929): 822

Batzner: Die Knochenbrüche durch Funktion. Med. Klin. 34 (1938): 553
Sport und Arbeitsschäden. Leipzig, Thieme, (1936)

Böminghaus H.: Über isolierte Abrißfrakturen an den Querfortsätzen der Lendenwirbel durch Muskelzug. Archiv. f. Klin. Chir. 149 (1928)

Böhler L.: Dornfortsatzbrüche durch Muskelzug. Chirurg, 7 (1935): 759

Bofinger: Über Dornfortsatzbrüche und deren eigenartige Ursache. Mü. med. Wo. schr. (1933): 147

Boss W.: Über den Bruch des Wirbeldornfortsatzes durch Muskelzug. Bruns Beitr. (1929) 194

Brandt Georg: Erg. Chir. u. Orthop. 33 (1941): 1

Burckhardt: Frakturen durch Muskelzug. Arch. Klin. Chir. 186 (1936): 523
Med. Klin. 32 (1936): 1174
Arch. Klin. Chir. 185 (1936):428
Arch. Klin. Chir. 186 (1936): 523

Burows H.J.: I. Bon Joint Surgery. 38 (1956): 83

Canigiani T.: Schipperfrakturen. Wiener kl. Woschr. 48 (1940): 982

Cords: Frakturen durch Muskelzug. Arch. f. Orthop. u. Unfall Chir. 35 (1934): 565

Ehrlich: Zur Kasuistik der isolierten Fraktur des Processus transversus der Lendenwirbelsäule. Dt. Zeitschr. f. Chir. 92 (1908)

Ernst u. Römmelt: Traumatische und pathologische Querfortsatzbrüche der Lendenwirbelsäule. Dt. Zschr. f. Chir. 237 (1932): 580

Feinen: z. b. v. Saar

Fraas: Über isolierte Brüche der Lendenwirbelquerfortsätze. Bruns Beitr. 113 (1919): 414

Frisch: Dornfortsatzbruch durch Muskelzug. Wien. Klin. Wschr. 12 (1907) 348

Gazzotti L.G.: Orthop. e Traumato. Appar. Mot. 3, 23 - 40, Zentralorg. f. d. ges. Chir. (1931): 606

Gerstel: Zur Pathogenese und Histogenese der Dornfortsatzabrisse. Mschr. Unfallheilk. 1 (1941): 385

Goetzel Eugen: Zur Kasuistik der Abrißfrakturen von Wirbeldornfortsätzen. Dt. Zeitschr. f. Chir. 179 (1923): 393

Gurlt E.: Über Knochenbrüchigkeit und über Frakturen durch bloße Muskelaktion. Dt. Klinik (1857) 259

Häbler: aaO. S. 344;

Maurer-Lechner aaO. S. 529; s. Basek "Ermüdungsschäden der Knochen bei Soldaten", Ref. Med. d. Sowjetunion, (1962): 278

Heiss: Vermeidung von Sportschäden am Bewegungsapparat. Leipzig (1938)
Chirurg. 1 (1932): 23

Henschen: Dornfortsätze. M. m. W. 38 (1907): 1882

Über Dornfortsatzfrakturen durch Muskelzug, nebst Bemerkungen zur Lumbago traumatica.
Bruns Beitr. z. Klin. Chir. 53 (1907): 687

Hesse: Isolierte Querfortsatzbrüche.
Zentralbl. f. Chir. 24 (1931): 1530

Hirsch M.: Abrißfraktur des Dornfortsatzes des 2. Brustwirbels. Mü. Med. Wschr.
(1924): 255

Hoffmann A.: Die isolierten Frakturen der Lendenwirbelquerfortsätze. Bruns Beitr.
62 (1909):385

Hoffmann A.: Zbl. Gewerbehyg. 12 (1935):179

Jonasch E.: Die isolierten Brüche der Wirbeldornfortsätze. MMW. 39 (1967): 2001

Kaspar M.: Ist die Schipperkrankheit Unfallfolge? Zentralbl. f. Chir. 20 (1940): 900
Untersuchungen und Beobachtungen bei den Dornfortsatzfrakturen des Schippers. Zentralbl. f. Chir. 28 (1941): 1286
Mschr. Unfallhk. 48 (1941):2

Kenig: Medicinski Glasnik. Nr. 9, S. 331

Kirchmayr L.: Eine typische, durch Muskelzug entstandene Abrißfraktur der unteren und oberen Brustwirbeldornen. Archiv f. Orthop. u. Unfallchir. (1922): 64

Koepchen und Bauer: Schipperkrankheit. Leipzig: Barth - Arb. med. 6 (1937)

v. Kryger: z. b. v. Saar, Henschen

Küntscher: Uber das Wesen der mechanisch bedingten Knochen.- und Gelenkerkrankungen. Archiv. Klin. Chir. (1938): 665

Küttner: Ref. Zbl. Chir. 3 (1922): 1005

Kulenkampff: Bruns Beitr. BD 173 (1942): 138
Dmed. Wschr. 29 (1942): 732

Linow F.: Über die isolierten Querfortsatzbrüche der Wirbelsäule mit besonderer Berücksichtigung ihrer Entschädigung in der Reichsunfallversicherung. Arch. f. Orthop. u. Unfallchir. 28 (1930): 558

Lönnerblad: Dornfortsatzfrakturen durch Muskelzug unter besonderer Berücksichtigung des sogenannten Schleuderbruches. Acta Chir. Scand. (1933): 285

Ludwig H.: Über die isolierten Frakturen der Dorn.- und Querfortsätze der Wirbelsäule. Mschr. Unfallhk. 6 (1936):295

Magnus: Querfortsatzfrakturen der Lendenwirbelsäule. Arch. Klin. Chir. 55 (1928): 152
Über Dornfortsatzbrüche. Mschr. Unfallhk. (1933): 199

Malgaigne J.F.: Traité des fractures et luxation. TS (1847): 29

Matthes H.G.: Dornfortsatzabrisse. D.Chirurg, 7 (1935): 665

Matthes und Thelen: Chirurg, (1939): 537

Matti: Die Knochenbrüche und ihre Behandlung. Berlin, 1931

Maxen: Dornfortsatzbrüche der unteren Halswirbelsäule mit cervicalen Bandscheibenvorfällen in Klinik- und Unfallbegutachtung. Mschr. Unfallhk. (1951):108

Maydl: Dornfortsatzabrisse. Dt. Z. Chir. (1882)

Meisezahl: z. b. Küntscher

Metge E.: Dornfortsatzabrisse. Röpraxis, 6 (1934): 97

Müller Walter: Überanstrengungsschäden des Knochens. Joh. Ambr. Barth, Leipzig 1944

Payr E.: Acta chirurgica Scandinavica, (1932): 318

Pirker: Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie. (1934)
Ach. f. Klin. Chir. 175 (1933): 146

Rauhs: Wiener med. Wschr. 98 (1948): 145

Reischauer: Ermüdungserscheinungen am Knochensystem. Zbl. Chir. 49 (1937)

Reischauer: Ermüdungserscheinungen am Knochensystem. Zbl. Chir. (1937): 1793

Reisner: Wirbeldornfortsatzfrakturen durch Muskelzug. Röpraxis, (1932): 287

Riedinger: z. b. Pirker

Rostock: Diagnose des Uberlastungsschadens beim Dornfortsatzbruch der Wirbelsäule. Bruns Beitr. 169 (1939): 15
Zentr. org. f. d. ges. Chir. 83 (1938): 623

Roux: z. b. Henschen, S. 703

Ruge: in Kirschner und Nordmann, die Chirurgie, 2. Auflage. Berlin, Wien, Urban u. Schwarzenberg. 1939 - 1949, 3 (1948): 446

Ruppamer: Dornfortsatzbrüche. Helvet. Medica Acta (1936): 816
Zbl. Chir. (1936): 124
Zbl. Chir. (1939): 1587

Sauer: z. b. v. Saar, Absprengungen von Wirbeldornfortsätzen durch Muskelzug. M. med. W. 27 (1907): 1327

Sitt: Schipperkrankheit. Med. Klinik 17 (1948): 485

Scharsich: Wirbelsäulenfrakturen bei Tetanus. Zblatt. Chir. (1931): 3089

Schede: z. b. v. Saar

Schörcher: Dornfortsatzabbrüche durch Muskelzug. Mü. med. Woschr. 23 (1937): 910

Schütz: Wirbeldornfortsatzfraktur durch Muskelzug. Dt. med. Wschr. (1928):1402

Schulte: z. b. Frisch

Steiner Otto: Die Verletzungen der Wirbelsäule. Dt. Zeitschr. f. Chir. 173 (1922): 153

Stiebietz Hans: Muskelzugfrakturen und ihre Lokalisation. Med. Diss. Frankfurt/M (1953), (4451)

Raymond G. Taylor: Anomalies of the lumbo-sakral Articulations. J. Med. Ass. 5 (1939):463

Thum: Entstehung von Brüchen durch Dauerbeanspruchung. Med. Klin. (1937):1599

Thorre: z. b. v. Saar

Veit Gertrud: (Chir. Univ. Klin. Mü.) Frankfurt/M, Diss. 1936, 165

Voekkler Th. — Uber Dornfortsatzbrüche. Mschr. Unfallhk. 12 (1935): 341

Z. ärztl. Fortb.(1935): 341

Volkmann: — Über Brüche der Wirbelsäule durch Muskelzug. Med. Klin. (1935): 1593

Zblatt. Chir. (1939): 1587

Wachsmuth u. Wölk: — Über Sportunfälle und Sportschäden. Leipzig 1935

Wagner Wilhelm: — Uber Frakturen durch Muskelzug. Arch. f. Klin. Chir. 171 (1932):503
Med. Klinik 18 (1941): 453

Wolff Gerhard: — Eine typische, durch Muskelzug entstandene Abrissfraktur der unteren Halswirbel- und oberen Brustwirbeldorne. Bruns Beitr. z. Klin. Chir. 125 (1922): 245

Wiebeck B. H.: — Die selbständigen Querfortsatzbrüche. Mschr. Unfallhk. 45 (1938): 565

Wolff und Robertsen: — z. b. G. Hohmann. Handbuch d. Orthopädie, Thiemeverlag, Stuttgart 1957

Zeiler: — Über die isolierten Wirbeldornfortsatzbrüche durch Muskelzug. Inaug. Diss. Univ. Leipzig 126

Zimmer: Dornfortsatzbrüche. Bruns Beitr. 161 (1935): 273

Zollinger: Isolierte Frakturen der Dornfortsätze der unteren Hals- und oberen Brustwirbelsäule durch Muskelzug. Fortschr. d. Röstr. (1923): 219

Zuckschwerdt u. Axtmann: Wirbelveränderungen nach Tetanus. Z. Chir. 238 (1933): 627

Herrn Professor Dr. P ö s c h l danke ich für die Überlassung des Themas, sowie für seine stete wohlwollende Förderung und seine zahlreichen Anregungen.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. Plate, der mich aus seiner großen Erfahrung freundlichst beraten hat und mir zudem noch Einsicht in seine Gutachten gewährte.

Lebenslauf

Am 22. 11. 1942 wurde ich als Sohn des Ingenieurs Ludwig Maier und seiner Ehefrau Anna Maier, geborene Spitzweck in München geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in München-Obermenzing (1949-1954) trat ich in das Wittelsbachergymnasium in München ein, an dem ich 1964 meine Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1964/65 immatrikulierte ich mich an der medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Die naturwissenschaftliche Vorprüfung legte ich am 26. 4. 1966, die ärztliche Vorprüung am 23. 10. 1967 ab. Im Winter 1970 beendete ich das Studium und bestand am 18. 2. 1971 das medizinische Staatsexamen.

Am 1. 4. 1971 trat ich als Medizinalassistent in das Kreiskrankenhaus München-Pasing ein.